

# 목차

<b>개요서</b>	<b>4</b>	<b>3. 변화의 동인(DRIVERS)</b>	<b>44</b>
<b>1. 서론</b>	<b>10</b>	습지에 영향을 미치는 직간접 동인	45
지속가능개발에 있어 습지의 글로벌적 중요성	11	직접 동인에 포함되는 물리적특징 변화	46
람사르 협약의 역할	12	습지로부터의 물, 생물, 토양 추출	47
람사르 협약의 국내적·국제적 활동	13	습지 훼손을 야기하는 오염물과 외래종	48
습지에 관한 글로벌 정책과 목표	14	직접동인에 포함되는 서식지 구조 변화	49
습지에 관한 국제적 합의	15	습지변화의 직접 동인	50
<b>2. 현황과 변화추이</b>	<b>16</b>	직접동인에 영향을 미침으로써— 습지에 영향을 가하는 간접요인	51
람사르의 글로벌 습지 현황 및 변화추이	17	직간접 동인 모두에 영향을 미치는— 글로벌 메가트렌드	53
글로벌 습지지역 데이터 정확성 증대	18	습지 훼손과 소실 동인 평가	55
자연습지의 감소와 인공습지의 증가	19	<b>4. 대응</b>	<b>56</b>
글로벌 변화추이를 보여주는— 유럽의 습지 변화	20	다양한 도전 과제에 대한 대응	57
자연 내륙 습지 면적의 변화와 점진적 감소	21	람사르 사이트 네트워크 강화	58
자연연안/해안 습지 면적 또한— 시간 경과에 따라 감소	23	보전 지역에서 습지 범주 강화	59
인공습지는 면적 증가	24	포스트-2015 개발— 아젠다의 계획과 실행에 습지 통합	60
많은 습지 의존종 개체수의 감소	25	지속가능개발 목표지원에— 핵심적인 역할을 하는 람사르	61
습지 의존 생물의 지역적 추세에서— 가장 큰 위험을 보이고 있는 열대 지역	26	습지 보전을 위한 법적 정책적 준비 강화	62
습지 의존 생물종의 추이	27	습지 총량제	63
습지의존 생물종 현황 분류군	28	현명한 이용을 달성하기 위한 람사르 지침 실행	64
수질 추이의 전반적 악화	31	도전과제 규명 및 대응에 있어 람사르 메커니즘 활용	66
수질에 영향을 미치는 광범위한 오염원	32	경제 및 금융 인센티브 적용	67
습지의 글로벌 물순환 유지— 수문학적 프로세스	34	습지 복원에 대한 정부 투자의 유지 및 증대	68
기능적 습지 생태계를 유지하는— 복잡한 생물 지구 화학 프로세스	35	지속가능한 생산 및 소비 습관 촉진	69
세계 최대 탄소 저장소인 습지의 메탄 방출	36	광범위한 개발 계획에— 현명한 이용과 대중 참여 포함	70
생물학적으로 가장 생산성이 높은— 생태계 중 하나인 습지	37	습지관리에 다양한 관점을 통합	71
생태계서비스에 중요한 역할을 하는 습지	38	현명한 이용을 지원하기 위한— 국가 습지 인벤토리의 업데이트 및 개선	72
습지가 제공하는 생태계서비스 유형	40	시민 과학을 최대 활용	73
육상 서비스 가치를 초월하는— 습지 생태계 서비스	42	<b>5. 결론</b>	<b>74</b>
		미래를 향하여	75
		<b>6. 참고문헌</b>	<b>76</b>

# 서문

우리 모두는 우리의 생계, 삶 그리고 안녕을 위해 습지와 상호 작용하며 습지에 의존합니다.



호수, 강, 소택지, 늪, 이탄지, 맹그로브, 산호초와 같은 습지는 필수적인 생태계 서비스를 제공하며 인류의 생계에 기여하고 있습니다. 습지는 물의 원천이자 정화 장치로서의 역할을 하며 홍수와 가뭄, 그 외 재난으로부터 우리를 보호하고 수백만명

에게 식량을 제공하고 생계를 지원하며 풍부한 생물 다양성을 지지하고 그 어느 생태계보다도 많은 탄소를 저장합니다. 그러나 습지의 가치는 정책 및 의사 결정자들 사이에서 여전히 크게 인식되지 못하고 있습니다. 그 결과 데이터가 가용한 습지의 35%가 1970년 이래로 산림에 비해 3배나 빠른 속도로 소실되었습니다.

이는 좋은 소식이 아닙니다. 습지의 소실은 오늘에도 계속되고 있으며 자연과 인간에 측정가능한 부정적 영향을 미치고 있습니다. 지구 습지 전망의 목적은 습지 가치에 대한 이해를 증진하고 습지를 보전하고 현명하게 이용하며 모두가 습지의 편익을 인식하고 소중히 여길 수 있도록 하는데 있습니다. 람사르 협약은 이와 같은 변화를 이끌어 가는데 있어 특별한 역할을 수행하고 있습니다. 습지에 중점을 둔 유일한 국제 협약으로 170개의 협약 당사국이 습지 보전과 현명한 이용을 위해 함께 노력하고 완전한 습지 기능의 편익이 자연과 사회에서 실현될 수 있도록 하기 위한 최선의 가용 데이터 및 정책, 권고안을 개발 하기 위한 플랫폼을 제공하고 있습니다.

기후 변화와 물 수요의 증가, 홍수와 가뭄 위험의 증대라는 맥락에서 습지는 지속가능한 개발을 달성하기 위해 그 어느 때보다 중요합니다. 사실, 습지는 지속 가능 개발 목표 (SDG)의 75개 지표에 직간접적으로 기여합니다. 람사르는 유엔 환경 계획과 함께 SDG지표 6.6.1의 공동 관리자로 습지 면적 보고에 있어 주도적인 역할을 담당하고 있는데 이는 매우 중요한 부문입니다. 협약은 공동 편익을 증대하고 습지 보호와 현명한 이용을 위한 필요 행동을 확대하기 위해 아이치 생물 다양성 목표, 기후 변화에 관한 파리 협약, 재난 위험 저감에 관한 센다이 프레임워크 등 여타 국제 정책 목표와의 협력과 파트너십을 촉진하는 플랫폼을 제공하고 있습니다.

이와 같은 야심찬 글로벌 합의와 계획은 습지 관리의 성공과 실패를 측정할 수 있는 기준선이 있다는 것을 전제하고 있습니다. 지구 습지 전망은 습지 현황과 변화 추이, 습지에 가해지는 스트레스에 관한 내용을 간략히 소개하고 있으며 이에 더해 오랜 기간동안 이어진 습지 면적 및 질의 저하를 되돌리기 위해 국가가 취할 수 있는 방법을 개괄하고 있습니다. 지구 습지 전망 1호를 소개 드리게 되어 기쁩니다. 유용하고 흥미로운 내용이 되기를 바라며 권고하고 있는 대응책을 실행 하는데 있어 힘이 되기를 기대합니다.

사무총장 Martha Rojas Urrego

# 주요 메시지

---

- 건강하며 본연의 기능을 수행하는 자연 습지는 인간의 삶과 지속가능한 발전에 있어 대단히 중요하다.
- 아직까지 그린랜드 면적에 비견되는 습지가 존재하기는 하나 습지는 빠른 속도로 줄어들고 있으며 1970년 이래로 가용한 데이터가 있는 습지 중 35%가 소실되었다.
- 따라서 습지 동식물은 위기에 처해 있으며 4분의1의 생물종이 멸종 위기에 있다.
- 남아있는 습지 또한 배수와 오염, 침입종, 비지속가능한 사용, 방해 받는 유수체계 및 기후변화로 고통받고 있다.
- 그러나 식량안보에서 기후변화 완화에 이르기까지 습지는 거대한 생태계서비스를 수행하고 있으며 육지 생태계서비스를 크게 넘어서는 서비스를 제공하고 있다.
- 람사르 협약은 습지 보전과 현명한 이용을 촉진하며 습지 소실을 중지하고 되돌리기 위한 노력의 중심에 자리하고 있다.
- 건강한 습지를 보전하고 되찾기 위해서는 다음과 같은 노력이 요구된다:
  - 람사르 사이트와 그 외 습지 보호 지역간 네트워크 강화
  - 포스트-2015 개발 아젠다 계획과 실행에 습지문제를 통합
  - 모든 습지를 보전하기 위하여 법적 정책적 협의 강화
  - 현명한 이용을 달성하기 위해 람사르 지침 실행
  - 지역사회와 비즈니스를 위한 경제, 금융 인센티브 적용
  - 습지 관리에 있어 모든 당사자의 참여 보장
  - 국가 습지 인벤토리 개선과 습지 면적 추적 관리

# 개요서

습지보전과 현명한 이용은 인간의 삶에 대단히 중요하다. 습지가 제공하는 다양한 범위의 생태계서비스는 습지가 지속가능한 발전의 중심에 자리하고 있다는 것을 의미한다. 그러나 종종 정책 및 의사 결정자들은 습지가 자연과 인간에 제공하는 혜택의 가치를 충분히 평가하지 못하고 있다.

이와 같은 가치를 이해하고 습지에 어떤 일이 일어나고 있는가를 아는 것은 습지보전과 현명한 이용에 있어 중요하다. 지구 습지 전망 (Global Wetland Outlook)은 습지 면적과 변화추이, 변화의 동인 및 습지의 생태적 특성을 유지하고 회복하기 위해 필요한 단계를 요약하고 있다.



# 현황과 변화 추이

## 면적

글로벌 습지 면적 데이터가 날로 정확해지고 있다. 글로벌 내륙 및 해안 습지는 1천 2백 1십만km<sup>2</sup>를 차지하고 있는데 이는 그린랜드 면적에 비견되며 이중 54%는 영구 범람지, 46%는 계절적 범람지이다. 그러나, 장기적으로 보았을 때 자연 습지는 세계적으로 감소하고 있다. 가용한 데이터가 존재하는 1970년에서 2015년 기간을 살펴보면 내륙 및 해양/해안 습지 모두 약 35% 감소했는데 이는 산림 소실과 비교해 볼 때 세 배나 빠른 속도이다. 대조적으로 논이나 저수지로 대표되는 인간이 조성한 인공 습지는 동일 기간동안 거의 두 배로 증가해서 현재 습지의 12%를 차지하고 있다. 이 증가는 그러나 자연습지의 상실을 상쇄하기에는 부족하다.

## 생물 다양성

가용한 데이터에 따르면 어류, 물새, 거북이와 같은 습지 의존 생물종은 심각한 감소추이를 보이고 있으며 이중 4분의 1은 멸종 위기에 있고 열대 지역의 상황은 특히 심각하다. 1970년 이래로 내륙 습지종 개체의 81%와 해안 및 해양종의 36%가 감소했다.

조사한 거의 모든 내륙 및 해안 습지 의존 분류군에서 세계적 위협 수준이 높게 나타났다. (생물종의 10% 이상이 세계적으로 위협받고 있음) 바다 거북, 습지의존 거대동물, 담수 파충류, 양서류, 비해양 연체동물, 산호, 게, 가재는 가장 높은 수준의 멸종 위험은 보이고 있다. (생물종의 30% 이상이 세계적으로 위협받고 있음) 멸종 위험은 증가하고 있다. 물새종은 비교적 세계적인 위협 정도가 낮기는 하지만 대부분의 개체가 장기적으로 감소하고 있다. 산호초 의존종인 파랑비늘돔(parrotfish) 및 쥐돔(surgeonfish), 잠자리만 위협 정도가 낮은 것으로 나타난다.

## 수질

수질 변화 추이가 가장 부정적이다. 1990년대 이래로 수질오염은 남미, 아프리카, 아시아의 거의 모든 강에서 악화되어 왔다. 악화정도는 가속화될 것으로 보인다.

주요 위협요인으로 비처리 폐수, 산업 폐기물, 농업 유출수, 퇴적물의 부식과 변화를 들 수 있다. 2050년까지 세계인구의 3분의 1이 질소와 인 함량이 높은 물에 노출될 가능성이 크며 이는 빠른 조류의 증식과 부식으로 이어져 물고기와 다른 생물종의 목숨을 위협할 수 있다.

지난 20년동안 배설물 대장균 박테리아가 증가하면서 남미와 아프리카, 아시아 강의 3분의 1에 심각한 병원균 오염이 일어나고 있다. 지하수를 포함하여 많은 습지에서 염분 축적이 일어나고 있고 이는 농업에 피해를 입히고 있다. 화석연료와 농업으로부터 발생하는 암모니아는 산성 퇴적을 야기한다. 산성 광산 배수는 주요 오염원이다. 발전소와 산업으로부터 야기된 열오염으로 산소량이 줄어들고 먹이 사슬이 변화되며 생물 다양성이 줄어들고 있다. 최소 5조 2천 5백만 잔류성 플라스틱 입자가 세계 해양을 부유하고 있으며 연안해역에 막대한 영향을 미치고 있다. 거의 절반에 달하는 OECD 국가의 농업 지역 유출수에서 국가 권장 한계를 넘는 살충제가 함유되어 발견되고 있다. 이는 건강을 해치고 생태계서비스를 악화 시키며 추가적인 생물다양성의 훼손으로 이어지고 있다.

## 생태계 프로세스

습지는 생물학적으로 가장 생산적인 생태계이다. 습지는 물의 취수와 저장, 배수를 수행하고 물의 흐름을 조절하며 생명을 지탱하면서 물 순환에 주요한 역할을 수행한다. 하도(River channel) 및 범람원 그리고 이와 연계된 습지는 수문학에도 중요한 역할을 수행하나 지리적으로 고립된 습지 또한 중요성을 지닌다. 그러나 토지 용도 변경과 물 조절 기반 시설로 인해 많은 수계 내에서 연결성이 줄어들고 있고 범람원 습지와 연결성도 떨어지고 있다. 습지는 영양분을 조절하고 금속 순환을 추적하고 금속과 그 외 오염물을 여과한다. 습지는 글로벌 토양 탄소의 상당량을 저장하고 있으나 향후 기후 변화에 의해 주요 탄소 배출원이 될 수도 있으며 영구 동토층의 경우 그 가능성이 높다.

## 생태계 서비스

습지 생태계는 육지 생태계를 크게 넘어서는 서비스를 제공하고 있다. 습지는 쌀과 담수고기와 같은 중요 식량과 섬유, 연료를 제공한다. 조절 서비스는 기후 및 수문 체계에 영향을 미치고 오염과 재난 위험을 저감한다. 습지 본연의 기능은 종종 문화적 정신적 중요성을 지니기도 한다.

# 변화의 동인

습지는 레크레이션 및 관광 측면의 혜택을 제공한다. 생태계 서비스에 대한 글로벌 데이터가 일부 가용하기는 하나 국가 및 지역 의사 결정자들을 위한 좀 더 표적화된 정보가 시급히 필요하다.

습지에 의한 탄소 저장과 격리는 글로벌 기후조절에 중요한 역할을 수행한다. 이탄지와 식생 해안 습지는 대규모 탄소 흡수원이다. 염습지는 연간 수백만 톤의 탄소를 격리한다. 이탄지는 지표면의 3%만을 덮고 있지만 세계 산림의 두 배에 달하는 탄소를 저장한다. 그러나 담수 습지는 제대로 관리되지 않을 경우 최대 메탄 및 온실 가스 배출원이 된다. 열대 저수지 또한 메탄을 배출하며 때로는 이로 인해 소수력으로 실현한 저탄소 편익이 상쇄되어 버린다.

습지의 현명한 이용을 위해서는 변화를 야기하는 동인들을 철저히 이해하여야 하며 이를 통해 습지 소실과 질적 저하의 근본원인에 대처할 수 있다. 습지는 배수, 전환, 오염물과 침입종 유입, 채굴, 그 외 수량과 홍수 및 가뭄의 주기에 영향을 미치는 활동에 의해 지속적으로 소실되고 질적 저하를 겪는다.

이와 같은 직접 동인은 에너지, 식량, 섬유, 기반시설, 관광과 레크레이션 공급과 관련되어 있는 간접적 동인에 의해 또한 영향을 받는다. 기후변화는 변화의 직간접 동인이다. 그러므로 기후변화에 대한 적응 및 완화 조치는 습지 변화의 다른 동인에 대처하는 과정에서 승수효과를 가질 수 있다. 기후 온난화가 모든 면에서 불확실성을 야기하고 있는 가운데 인구 통계학적 변화, 세계화, 소비와 도시화와 같은 글로벌 메가트렌드 또한 중요한 동인이 되고 있다.



# 람사르 협약

람사르 협약의 목적은 습지 보전과 현명한 이용을 촉진하는데 있다. 이는 습지가 가진 혜택을 통해 유엔의 지속가능한 개발 목표, 아이치 생물 다양성 목표, 기후변화에 관한 파리 협약과 그 외 국제적 공약을 달성하는데 기여하도록 할 수 있다. 4차 람사르 전략 계획(Ramsar Strategic Plan)은 습지 소실의 동인에 대처하고 습지의 현명한 이용을 촉진하며 협약의 실행을 강화하고 람사르 사이트를 효과적으로 보전하고 관리하는 것과 관련한 협약 업무를 이끌어 가는 역할을 한다. 협약 당사국은 글로벌 습지의 13-18%에 해당하는 약 2억 5천만 헥타르 면적의 국제적으로 중요한 2,300개 습지의 생태적 특성을 유지해 나가기로 약속했다.

람사르 협약은 글로벌 습지 소실 추이를 되돌리는 노력에 있어 독보적인 역할을 하고 있다. 습지에 중점을 둔 유일한 국제 조약인 람사르 협약은 많은 글로벌 습지 관련 목표를 달성하기 위한 플랫폼을 제공한다. 실제 습지는 75개 SDG 지표에 직간접적으로 기여하고 있다. SDG 지표 6.6.1의 공동 관리인으로서 유엔 환경 (UN Environment)과 협력하고 있으며 국가 보고서로부터 정보를 취합하여 습지 면적 동향에 대해 보고하는 것이 특히 협약의 중요 업무이다. 람사르 협약은 다른 국제 정책 메커니즘을 지원하기 위한 협력, 파트너십 촉진 플랫폼을 제공하며 최상의 가용 데이터, 자문, 정책 권고를 통해 국가 정부가 완전한 기능을 발휘하는 습지 편익을 자연과 사회에 실현해 내도록 하고 있다.



© Gabriela Mejía



# 대응

습지가 주는 혜택에 대한 인식을 제고하고 습지의 존립을 위한 더욱 큰 안전 장치를 마련하며 국가 개발 계획에 습지가 포함되도록 하기 위해서는 국제적 국가적 차원에서 시급한 행동이 필요하며 특히 다음에 주목해야 한다:

- **람사르사이트와그외습지보호지역네트워크강화:** 2,300개가 넘는 국제적으로 중요한 습지를 람사르 사이트로 지정한 것은 고무적이다. 그러나 충분하지 않다. 관리 계획을 개발, 실행하여 효율을 보장하여야 한다. 절반에 약간 못미치는 람사르 사이트에서 아직 이 노력이 이루어 지지 않고 있다.
  - **지역사회와 기업을 위한 경제, 금융 인센티브 적용:** 습지 보전을 위한 펀딩은 기후변화대응 전략, 생태계서비스에 대한 지불 시스템 등과 같은 다양한 메커니즘을 통해 확보 될수 있다. 왜곡된 인센티브를 없애는 것도 긍정적인 효과를 가진다. 기업은 세금, 인증, 기업의 사회적 책임 프로그램을 통해 습지 보전에 동참할수 있다. 정부 투자 또한 매우 중요하다.
  - **다양한 측면을 습지 관리에 통합:** 습지가 가지는 다양한 가치를 고려해야 한다. 바람직한 의사결정을 보장하기 위해 이해관계자들은 습지 생태계서비스와 습지가 인류와 생계에 미치는 중요성을 이해해야 한다.
  - **국가 습지 인벤토리 개선과 습지 면적 동향 파악:** 지식을 통해 습지 보전과 현명한 이용에 대한 혁신적 접근을 지원 할 수 있으며 원격센싱, 현장 평가, 시민 과학, 원주민이 보유한 지식 및 현지 지식통합 등이 그 예가 될수 있다. 습지 편익 지표 및 변화 동인을 규명하고 측정하는 것은 현명한 이용 정책과 적합한 관리를 지원하는데 있어 핵심이 된다.
  - **모든 습지를 보호하기 위한 법적 정책적 합의 강화:** 습지 법과 정책은 모든 층위에서 여러 부문과 교차되어 적용 되어야 하며 국가 습지 정책이 모든 국가에서 마련되어야 한다. 람사르에서 권고하여 많은 국가법에 반영된 회피-완화-보상 접근은 활용가능한 유용한 도구이다. 습지에 미치는 영향을 회피하는 것이 후에 습지를 복원하는 것보다 더 용이하다.
  - **현명한 이용을 달성하기 위한 람사르 지침 실행:** 람사르는 다양한 범위의 관련 지침을 가지고 있다. 람사르 메커니즘- 예를 들어 생태학적 특성 변화에 대한 보고서, 위험에 처한 람사르 습지에 관한 몽트뢰 목록 (Montreux Record), 람사르 자문단 (Ramsar Advisory Missions) 등은 람사르 사이트보전과 관리에 대한 도전을 규명하고 대응하는데 도움을 준다.
- 다양한 범주의 효과적인 습지 보전 노력을 국제적, 국가적, 유역, 사이트 차원에서 선택하여 적용할 수 있다. 바람직한 거버넌스와 공공 참여가 모든 과정에서 중요하게 이루어져야 하며 관리 실행, 투자 확보, 지식 활용을 필수적으로 실천하여야 한다.

# 1. 서론

---

건강한 자연 습지는 인류의 생존에 대단히 중요하다.  
습지 협약(람사르 협약)은 습지에 중점을 둔  
유일한 국제 법적 조약이다.  
람사르 협약은 습지 보전과 현명한 이용을  
글로벌 차원에서 촉진하며  
지속가능한 개발 목표와 아이치 생물다양성 목표,  
기후변화에 대한 파리협약과  
여타 관련 약속을 달성하는데 있어  
습지가 중요한 역할을 담당할 수 있도록 하고 있다.  
지구 습지 전망은 세계 습지 현황과 동향 및 도전과제와  
그에 대한 대응을 정리하고 있다.



# 지속가능 개발에 있어 습지의 글로벌적 중요성

습지는 인간 생존에 필수적이다. 습지는 세계적으로 가장 높은 생산력을 지닌 생태계를 포함하고 있으며 수없이 많은 혜택을 가진 생태계서비스를 제공한다(MEA 2005; Russi *et al.* 2013). 습지는 영구적, 계절적으로 범람되는 담수 서식지인 호수, 강, 소택지 뿐만 아니라 하구, 석호, 맹그로브, 모래톱과 같은 연안, 해안 지역을 포함한다. 세계적 물순환은 일차 생산과 영양 순환을 뒷받침하고 있으며 인간에게 담수와 식량을 제공한다. 습지는 운송과 수력에도 이용되며 약품을 비롯한 원료와 유전 자원을 제공한다. 습지는 또한 홍수를 완화하고 연안지대를 보호하며 탄소를 저장, 격리한다. 많은 습지는 또한 문화, 정신적 가치와 레크레이션 측면에서 중요성을 가지며 영감을 고취하기도 한다. 이와 같은 혜택의 일부는 아래 그림 1.1에 요약되어 있다.

습지가 인간의 웰빙에 주는 기여는 많은 경우 간과되고 인정되지 않았고 결과적으로 습지 관리는 개발 계획에서 중요하게 다루어 지지 않았다. 단일 분야의 이해관계자들의 협소적이고 근시안적인 이해를 바탕으로 의사 결정이 내려졌고 이는 다양한 혜택을 달성할 수 있었던 기회의 상실과 습지의 추가적 소실과 훼손으로 이어졌다.

습지의 현명한 이용과 지속가능한 개발을 이루기 위해서는 다양한 부문의 정책 입안자들이 습지의 다양한 가치와 상호 의존성을 인식하고 고려할 수 있도록 하는 것이 필수적이다. 습지의 효과적인 관리를 위해서는 사회 여러 부문의 협력이 요구되며 특히 습지가 제공하는 많은 혜택을 향유하는 이들 또는 습지관리와 보전에 영향력을 행사할 수 있는 이들과의 협력이 필요하다.

본 책자는 세계 습지 현황 및 관련 편익을 정리하고 있다. 이는 람사르 협약 전략 계획 (Ramsar Convention's Strategic Plan) 2016-2024의 진전 상황을 평가할 수 있는 기준점이 될 것이며 지속 가능한 개발 계획과 아이치 생물다양성 목표, 재난위험 경감을 위한 샌다이 프레임워크, 파리 기후 협약에서 습지에 대한 관심을 강화하는데 기여할 것이다. 지구 습지 전망은 습지의 현황과 변화 추이를 조사하고 지식 격차를 규명하며 미래의 잠재적 변동 가능성을 살펴본다. 많은 부정적인 변동 추이를 보여주고 있지만 동시에 성공 사례와 최상의 관행 또한 강조하여 소개하고 있으며 습지소실과 훼손의 동인을 검토하고 습지공동체와 여타 부문의 대응을 소개하고 있다.

상자 1.1

## 지구 습지 전망 (GLOBAL WETLAND OUTLOOK)의 기초자료

지구 습지 전망은 새천년 생태계 평가 보고서 (Millennium Ecosystem Assessment (MEA 2005)), 지구 생물 다양성 전망 (Global Biodiversity Outlook (생물다양성 협약 2014)), 글로벌 랜드 아웃룩 (Global Land Outlook (UNCCD 2017)), 토지 훼손과 복원 평가 (Land Degradation and Restoration Assessment (IPBES 2018))와 생태계와 생물다양성의 경제학 (The Economics of Ecosystem and Biodiversity (Russi *et al.* 2013))과 같은 문서의 분석에 기초하고 있으며 이 모든 문서는 습지의 소실과

훼손 및 생태계서비스와 지역 사회 자원과 관련한 습지의 중요성에 주목하고 있다. 람사르 과학 기술 패널 (Convention's Scientific and Technical Review Panel)이 1993년 창설된 이래 발전시키고 편찬해온 자료를 포함한 방대한 출판 문헌을 참고하였다.

# 람사르 협약의 역할

습지에 관한 협약 (Convention on Wetlands)은 기본적으로 습지에 중점을 둔 유일한 국제 법적 조약이며 이는 1971년 이란의 람사르에서 서명되어 람사르 협약으로 알려져 있다. 이 협약은 1975년 시행되었으며 현재까지 170개 국가가 체약 당사국으로 참여하고 있다. 협약에 의해 개발된 현명한 이용 프레임워크 (상자 1.2 참조)는 습지가 지속 가능한 개발과 생물다양성, 기후 변화 재난 위험 경감, 토지 훼손과 관련한 지원 이니셔티브의 글로벌 아젠다에 포함될 수 있도록 하는 메커니즘을 제공하고 있다.

협약에서는 습지를 “늪지대, 소택지, 이탄지, 자연 또는 인공, 영구적 또는 일시적으로 형성된 정수 또는 유수 형태의 담수, 기수, 염수 지역, 간조 시 깊이가 6미터를 초과하지 않는 해수 지역”으로 다소 광의적으로 정의하고 있다. 람사르는 3개 범주 (해양 연안 습지, 내륙 습지, 인공습지) 42개 습지유형을 인정하고 있다. (람사르 습지 사무국 2010a).

체결 당사국은 람사르의 “중추”가 되는 다음 세가지 기본 의무를 가진다:

1. 모든 습지의 보전과 현명한 이용 (상자 1.2참조);
2. 최소 한 개의 국제적으로 중요한 습지 (Wetland of International Importance) 또는 람사르 사이트 지정 및 보전 (그림 1.2);
3. 접경지대 습지, 공유 습지 생태계, 공유 생물종 관련 국경을 넘는 협력 (상자 1.3 참조, Gardner & Davidson 2011).

람사르의 또 다른 핵심 개념은 습지의 생태적 특성이며 다음과 같이 정의 된다: “주어진 시점에서 생태계를 특징 짓는 생태계 구성 요소, 프로세스와 편익/서비스 구성 요소의 조합” (람사르 협약 2005). 국가는 모든 습지의 생태적 특성을 유지하도록 권장되며 람사르 사이트에 인간 활동에 의한 부정적인 변화가 야기되는 경우 이를 람사르 사무국에 보고하고 해당 습지를 이전 상태로 복원하기 위해 필요한 조치를 취할 것을 요구하고 있다.

## 습지의 현명한 이용

“현명한 이용”은 협약의 핵심에 자리하고 있으며 모든 습지에 적용된다. 이는 “지속가능한 개발의 맥락에서 생태계 접근의 실행을 통해 달성된 [습지의] 생태적 특성의 유지”로 정의된다. (람사르 협약 2005). 인간의 웰빙은 습지 생태계서비스에 의존하고 있다. 현명한 이용은 바람직한 거버넌스에 의해 뒷받침된 지역 사회와의 협업을 통해 습지와 인간의 필요를 모든 부문에 걸쳐 관리하는데 중점을 두는 것이다. 일부 습지의 개발은 불가피 하지만 전 습지를 대상으로 한 개발은 적절하지 않다. 체결 당사국은 국가 정책과 법; 인벤토리, 모니터링과 연구; 훈련, 교육, 대중 인식 증대와 통합된 사이트 관리 계획을 통해 현명한 이용을 촉진한다.

상자 12

그림 1.1  
습지 생태서비스



# 람사르 협약의 국내적·국제적 활동

현재 그린랜드 면적에 비견되는 2억 5천만 헥타르에 달하는 2,300개 이상의 란사르 사이트가 있다. 각 사이트는 국제적 중요성을 나타내는 - 습지 유형, 생태 공동체, 물새, 어류, 그 외 생물군 부양등과 관련된-9개의 기준 중 적어도 하나를 충족한다.

람사르 사이트는 육지와 연안 습지의 13-18% 정도를 차지하며 체결 당사국의 높은 의지를 입증하고 있다 (Davidson & Finlayson 2018).

상자 13

## 국제 협력

람사르 협약은 습지 관리에 대한 국제적 협력을 요청하고 있다. (람사르 협약 사무국 2010b).

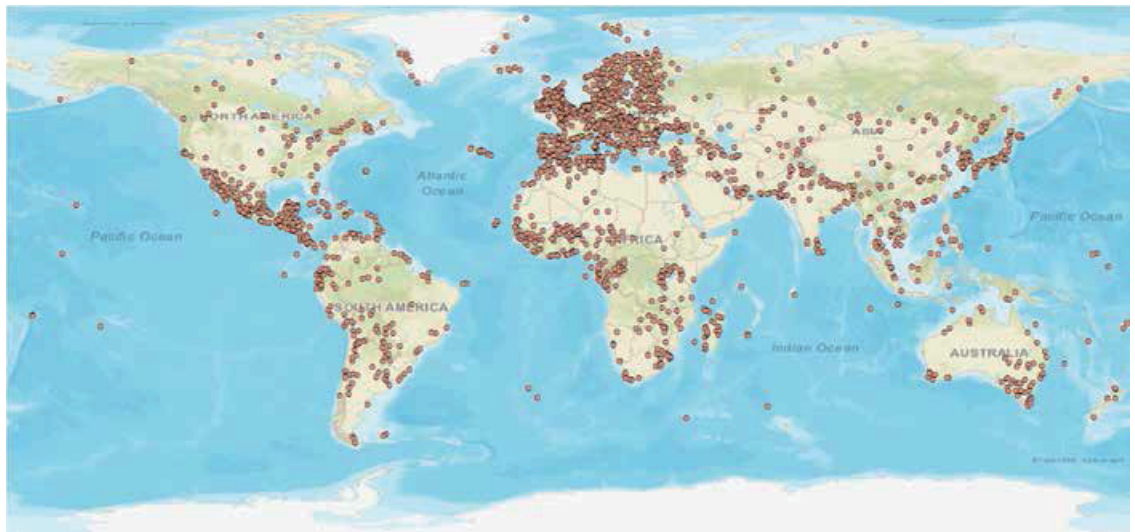
접경지대 란사르 사이트 (Transboundary Ramsar Sites)를 지정하거나 비공식적 형태로 국경을 넘는 협력을 실행함으로써 이와 같은 요청에 응하고 있다. 2개의 삼자 협력 습지: 바덴해 (덴마크, 독일, 네델란드)와 모라바- 듀에-다뉴브의 합류 지점 (오스트리아, 체코, 슬로바키아)을 포함하여 20개의 이와 같은 협력 사이트가 존재한다.

이와 같은 협력은 다국가 관리 위원회를 통해 강 유역에서도 이루어지고 있는데 베냉, 부르키나파소, 카메룬, 차드, 코트디부아르, 기니, 말리, 니제르, 나이지리아가 협력하는 니제르 유역 관리청 (Niger Basin Authority)이 그 예이다. 이동종과 비이동종, 침입 외래종을 포함한 공유

생명종 관리 또한 중요하다. 동아시아-대양주 철새 이동 경로 파트너십 (East Asian - Australasian Flyway Partnership), 란사르 지역이니셔티브(Ramsar Regional Initiative), 비교적 비공식적인 협력체인 서반구 물새 보전 네트워크 (Western Hemisphere Shorebird Reserve Network) 등이 공유 되는 생물종 관련 협력의 예이다.

람사르는 지역 협력을 위한 15개의 네트워크와 트레이닝 및 역량 강화를 위한 4개의 란사르 지역센터를 두고 있다.

그림 12:  
국제적  
중요성을 지닌  
세계 습지  
출처: RSIS



# 습지에 관한 글로벌 정책과 목표

건강한 생태적 기능을 가진 습지는 생물다양성, 지속가능한 개발, 토지 훼손, 기후 변화, 재난 위험 경감 등과 같은 여러 다른 세계적 약속을 달성하기 위한 핵심적인 메카니즘이다.

## 2030 지속가능 개발 아젠다와 지속가능한 개발 목표

습지는 빈곤, 기아, 보건, 에너지, 소비, 기후변화에 중점을 두고 있는 유엔의 17개 지속가능 개발 목표 (SDG)와 169개 세부지표를 달성하는데 있어 중심에 자리하고 있다. SDG 15는 “육상 담수 생태계와 그 서비스”의 보전과 지속가능한 사용을, SDG 14는 연안 해안 지역 보호를 촉구하고 있다. SDG 6은 물관련 생태계의 변화 동향과 관련된 목표를 가지고 물과 위생에 중점을 두고 있는데 람사르로부터 관련 데이터를 취합한다. 여러 SDG가 아이치 목표 (아래 참조)에 기반하여 만들어졌으며 따라서 아이치 목표와 마찬가지로 2020년 이후 개정되게 된다.

## 아이치 목표

“아이치 생물 다양성 목표”는 생물 다양성 협약의 *생물 다양성 전략 계획 2011-2020 (Strategic Plan for Biodiversity 2011-2020)*의 일부이다; 사실상 모든 부분이 습지와 관련되어 있다. (Juffe-Bignoli *et al.* 2016). 2020년까지 자연서식지의 소실을 최소한 반으로 줄이고 이상적으로는 소실을 제로화 하고자 하는 목표5, “효과적이며 공정하게 관리되고 생태적으로 대표성을 지닌 잘 연계된 보호 지역 생태계와 여타 효과적인 면적 기반 보전”을 통해 2020년까지 최소한 연안 해안 지역의 10%와 육상 수자원의 17%를 보전하고자 하는 목표 11 등 여러 목표가 생태계 소실을 중지하려는 노력을 담고 있다. 목표10은 산호초 보호, 목표6은 수중 생물의 지속가능한 이용, 목표7은 수산 양식 관리 (CBD 2010)에 중점을 주고 있다.

## 토지 황폐화 중립

유엔 사막화 방지 협약 (Convention to Combat Desertification)은 추가적인 토지 황폐화 중단을 위해 토지 황폐화 중립 목표를 설정하고 있다. 많은 형태의 토지 황폐화는 물관리와 관련되어 있으며 토지 황폐화는 이탄지와 하구, 강과 같은 습지에 직접적인 영향을 미치고 있다; 여기에는 전세계 몇몇 황폐화 핫스팟이 포함되어 있다.



# 습지에 관한 국제적 합의

## 파리 협약

2015년 12월 196개 정부는 유엔 기후 변화 협약 하에서 기후 변화완화와 적응에 관한 원대한 프로그램에 합의했다. 이 합의에 따라 각 국가는 습지를 포함한 자연기반 해법을 핵심 요소로 하여 기후 변화에 대처하기 위한 국가 기여 방안 (NDC)을 제시하여야 한다. 이는 완화와 적응에서 모두 핵심적인 역할을 한다; 완화는 특히 이탄 토양에서의 탄소와 연안수에서의 블루카본 저장과 격리를 통해 이루어진다. 습지 보전과 관리를 NDC에 포함시키도록 독려하는 것이 주요 우선 사항이다.

## 재난 위험 저감을 위한 센다이 프레임워크

2015년 3월 유엔 재난 위험 저감 사무국 (UN Office for Disaster Risk Reduction)은 재난 위험 저감에 관한 자발적 15개년 전략에 합의했다. 이는 비강제 합의로 *“재난 위험 저감을 포함하는 통합된 환경 및 자연 자원 관리 접근을 실행”*할 필요가 있음을 인식하고 있다. 회복 탄력성을 갖춘 지역 공동체를 구축하는데 있어 습지가 가진 중요성이 강조되어 있으며 홍수 위험을 저감하고 폭풍으로 인한 피해를 줄이는데 있어 습지가 가진 역할에 주목하고 있다.

## 생물다양성에 관한 다자간 합의

습지와 습지 의존 생물종은 생물 다양성 협약, 이동성 야생 동물 협약 (관련 합의인 아프리카 유라시아 물새 협정), 멸종 위기에 처한 야생 동식물의 국제 거래에 관한 협약, 세계 유산 협약과 같은 생물다양성과 관련한 다자간 환경 협정 (MEAs)에 의해 보호된다. 사무국 차원의 협력은 생물 다양성 협력 그룹 (Biodiversity Liaison Group)과 MEA프로세스의 참여를 통해 이루어진다. 과학 기술적 협력은 고병원성 조류 인플루엔자 (Gardner & Grobicki 2016)에 대한 대응과 같이 새롭게 부상하는 문제, 내륙, 연안, 해양 생태계에 관한 신속한 생태 평가 가이드 라인 (생물 다양성 협약과 람사르 협약 2006), 토지 황폐화 중립을 위한 UN 사막화 방지 협약과의 공동 약속 (람사르 협약과 UNCCD 2014) 등을 포함한 공동 업무 및 가이드라인 조율을 통해 실행된다.



© Vicente Weippert

## 2. 현황과 변화추이

람사르는 SDG 목표 6의 진전 상황 평가를 지원하기 위하여 글로벌 습지 현황과 변화 추이를 살펴보고 있다. 자연습지는 내륙, 연안, 해양 서식지에서 감소되었다; 인공 습지가 약간 증가했으나 자연습지의 상실분을 상쇄하기에는 부족하다. 습지 의존 생물종의 개체수는 감소하고 있고 많은 생물종은 위협 하에 있다. 세계적으로 수질은 계속 악화되고 있다. 그러나 습지는 생태계서비스에 매우 중요하다. 식량, 물 안보, 재난 위험 저감과 탄소 격리 등이 습지가 수행하고 있는 생태계서비스의 몇몇 예이다. 습지는 경제 및 생물 다양성 가치 측면에서 많은 육지 생태계를 크게 넘어서는 가치를 수행하고 있다.



# 람사르의 글로벌 습지 현황 및 변화추이

“현명한 이용”을 통해 모든 습지의 “생태적 특성”을 유지해야 하는 체결 당사국의 명확한 요건을 고려해 볼 때 현황과 동향 분석 활동은 람사르 협약에 정의된 생태적 특성을 중심으로 이루어진다 (상자 2.1). 협약 정의에 따라 정보가 가용한 범위 내에서 습지의 생태적 특성을 구성하고 있는 생태계 요소와 프로세스, 서비스에 대한 분석을 수행한다. 습지 범위와 같은 습지의 생태 특성에 대한 데이터는 습지 인벤토리를 통해 체결 당사국으로부터 취합되고 있으며 2018년 1월부터 국가는 이와 같은 데이터를 람사르 협약 국가 보고서에 포함하고 있다. 유엔 환경 (UN Environment)과 함께 유엔 SDG 지표 6.6.1 (시간 경과에

따른 물 관련 생태계의 변화)의 공동 관리자인 람사르 협약은 보고를 위한 공식적인 메커니즘으로 해당 데이터를 활용하게 될 것이다.

**람사르는 습지의 생태적 특성을 유지하기 위한 의무를 가지며 생물 다양성 협약의 생태계 접근 방식을 취하고 있다.**

상자 21

## 습지의 생태적 특성 (람사르 협약 2005)

2005년 협약은 그림 2.1에서와 같이 습지의 “생태적 특성”을 해당 시점에서 습지를 특성화하는 “**생태적 요소와 프로세스, 편익/서비스의 총합**”이라고 재정의 했다.

2005년 “현명한 이용”에 대한 정의가 변경되면서 협약 당사국은 이전과 같이 국제적으로 중요한 습지 (“람사르 습지”)로 지정된 습지뿐만 아니라 모든 습지의 생태적

특성을 유지하도록 요구 받고 있다. (Finlayson *et al.* 2011). 협약은 람사르 사이트의 생태적 특성이 기술적 발전, 오염 또는 여타 인간의 간섭으로 “변화해 왔거나, 변화 하고 있거나 변화할 것으로 예상되는 경우 협약당사국이 이를 보고하도록 추가적으로 요구하고 있다”.

**그림 21**  
습지를 특징 짓는 구성요소, 프로세스, 생태계서비스로서의 생태적 특성 개념도 (Finlayson *et al.* 2016)



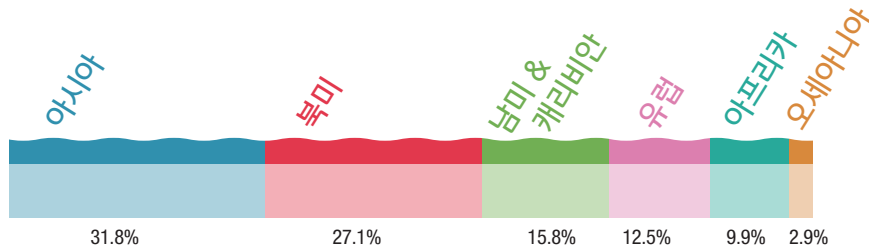
# 글로벌 습지지역 데이터 정확성 증대

글로벌 내륙, 연안 습지 지역의 가장 최근 추정치에 따르면 습지 면적은 그린랜드 면적에 비견되는 1천 2백 1십만km<sup>2</sup>이다. 이중 54%는 영구 범람지이며 46%는 계절적 범람지이다. 5백 2십만km<sup>2</sup>가 간헐적으로 또는 이따금씩 범람 되는 것으로 추정되나 이 면적은 극심한 폭풍으로 인해 습지로 전환된 지역을 포함하는 것으로 보인다. 습지의 약 93%가 내륙 습지이며 7%가 연안/해양 습지이다 - 이 연안 습지 추정치에는 람사르 정의에 따라 연안 습지에 속하는 연안 조하대 습지(Nearshore subtidal wetlands)를 포함한 여러 습지 분류군이 포함되어 있지 않다. 인공 습지는 비교적 작은 규모이다. 저수지는 3십만km<sup>2</sup>, 논은 1백 3십만km<sup>2</sup>를 차지하는 것으로 추정된다 (Davidson *et al.* 2018; Davidson & Finlayson 2018).

글로벌 습지 면적 추정치는 원격 센싱 및 맵핑 방식의 최근 진화에 힘입어 1980년 이래로 상당히 증가했다; 이것은 습지 면적의 실제 증가를 의미하는 것은 아니다 (Davidson *et al.* 2018).

최대 면적 습지를 (그림 2.2)가진 곳은 아시아 (세계면적의 32%), 북미 (27%), 남미와 캐리비안 (16%)이다. 유럽 (13%), 아프리카 (10%), 오세아니아 (3%)의 습지 면적은 비교적 작다 (Davidson *et al.* 2018).

그림 2.2  
습지 지역의 지역 분포 (%) (Davidson *et al.* 2018)



© Equilibrium Research

# 자연습지의 감소와 인공습지의 증가

**그림 23**

1970년 이래 자연습지 지역에 관한 WET지표의 세계 및 지역동향 출처: UN WCMC (2017)  
WET 지표는 보고된 사례에 한하여 동향을 분석한 것으로 대륙규모 전체에 걸친 습지를 분석한 지표가 아님.

**지역별 자연 WET 지표 (위)**

- 아프리카
- 아시아
- 유럽
- 남미& 캐리비안
- 북미
- 오세아니아

**내륙 및 해양/연안 WET 지표**

- 지역별 가중치 (아래)
- 글로벌 해양/연안 가중치
  - 글로벌 내륙 가중치

현재 남아있는 습지는 습지 본래 면적의 일부에 불과하며 세계 대부분의 지역에서 배수와 전환에 의해 지속적으로 감소하고 있다(상자 2.2 참조). 데이터가 존재하는 지역(이 데이터는 글로벌 총계를 대변하지 않을 수도 있음)을 보면 글로벌 습지 자원의 최대 87%가 1700년 이래 소실되었으며 소실 속도는 20세기 후반에 빨라졌다(Davidson 2014).

그러나, 글로벌 범람지대와 개방수역(자연 습지와 인공습지 모두 포함) 동향에 대한 최근 평가를 보면 서로 다른 기간에 걸쳐 순소실(Prigent *et al.* 2012; Schroeder *et al.* 2015) 과 순증가(Pekel *et al.* 2016; Box 2.4)가 보고되었다.

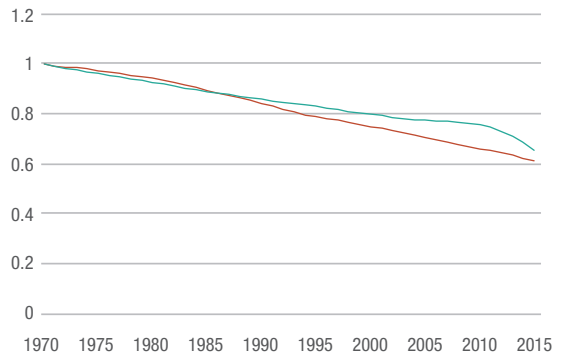
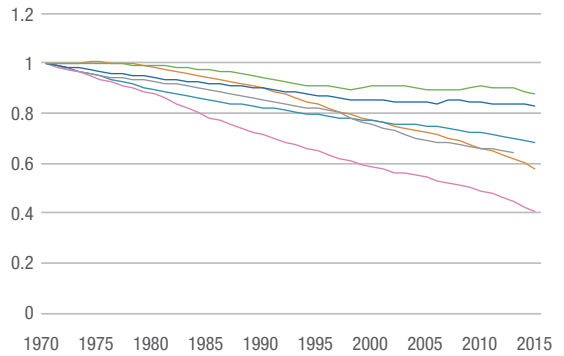
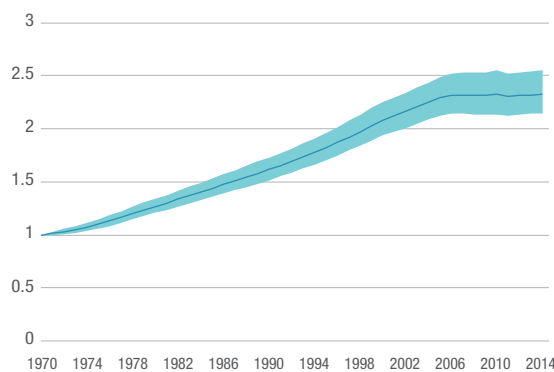
2014년 부터 람사르 협약은 유엔 환경 계획 세계 자연 보전 모니터링 센터(UN Environment World Conservation Monitoring Centre)에 습지 샘플에 기반하여 습지 면적 동향(WET) 지표(Dixon *et al.* 2016)를 개발할 것을 위임하였다. WET 지표는 1970년 에서 부터 2015년까지의 기간에 해당하는 지역 데이터 및 습지 분류에 따라 세분화된 2,000개를 상회하는 시계열 데이터를 취합하여 평균 추이를 종합, 분석하고 있다.

2017년에는 모든 람사르 지역으로 확대되어 해당 분석이 이루어 졌으며 그 결과 지속적인 감소가 확인되었다(UN WCMC 2017). 분석에 따르면 연구기간인 1970년에서 2015년 기간 동안 해양/연안 및 내륙 자연 습지 지역모두가 약 35% 감소한 것으로 나타났으며 지역에 따라 12% (오세아니아에서 59% (오리노코 강과 아마존 지역을 제외한 캐리비안을 중심으로 한 남미 데이터)로 상이하기는 하나 모든 지역에서 평균 습지 면적은 감소했다.

**그림 24**

1970년 이래 인공습지 지역에 관한 WET지표의 글로벌 동향 출처: UNEP-WCMC (2017)

- 상 하위 신뢰 한계를 반영한 인공 습지 WET지표



WET 지표에 의해 추산된 평균 자연 습지 소실 속도는 연간 -0.78%이다; 1990-2015년 기간동안 (FAO 2016a) 일어난 자연 산림의 평균 연 소실 속도 (연간 -0.24%)보다 세 배 이상 빠른 속도이다. 자연습지소실속도는 1970-1980년 기간동안 -0.68%에서 0.69%로 변화한 반면 2000년 이후로는 -0.85에서 -1.60%로 가속화되었다.

이와 대조적으로 인공습지는 1970년대 (그리고 그 이전) 이후로 때로는 자연 습지를 인공으로 전환하며 증가해 왔다. 저수지 면적은 30%, 쌀 경작지는 20% 증가했다 (Davidson *et al.* 2018); 아래 참조(페이지 24). 자연 습지 지역에 비해 적은 면적(Davidson *et al.* 2018)을 차지하고 있기는 하나, WET 지표에 따르면 조사 지역에서 1970년대 이후로 인공 습지가 2배 증가(그림 2.4)했다. 가용한 데이터가 제한되어 있기 때문에 지역 별 동향을 산정할 수는 없었다.

# 글로벌 변화추이를 보여주는 유럽의 습지 변화

2000여년에 걸쳐 진행된 농업과 도시 개발로 대변되는 유럽의 토지사용 변화는 광범위한 습지 배수로 이어졌다. 변화는 농업 및 항만, 산업 개발이 있었던 하구 지역 (Davidson *et al.* 1991)과 하곡 (River valley) 및 범람지에서 특히 극심하게 일어났다. 저수지와 여타 물 저장 시설을 만들면서 많은 습지의 생태적 특성이 변화했다. 이베리아에서는 모든 주요 강에 댐이 축조되었다 (Nicola *et al.* 1996). 서식지 소실은 생태 기능과 서비스를 훼손시켰고 특히 한가지 예로 와덴해(Eriksson *et al.* 2010)의 천해 어장 (Lotze *et al.* 2005; Lotze 2007)과 천연 굴 암초 (Airoldi & Beck, 2007)가 훼손되었다. 1960년 대에 프로젝트 마 (Project Mar)는 국제적으로 중요한 습지 (IUCN 1965)의 국가 인벤토리를 수집하였고 1940년대 이후로 습지 소실이 가속화되어 왔다는 것을 발견했다: “1960년에서

1965년 사이 매일 1km의 유럽 해안이 개발되었다” (Airoldi & Beck 2007). Davidson (2014)은 20세기와 21세기 초반 동안 연안과 내륙 유럽 습지에서 주요 소실이 있었다고 보고했다. 역으로 저수지와 범람 채석장(flooding quarries), 자갈 채취장을 메꾸거나 배수 습지 복원을 통해 새로운 습지가 생성되었다 (예: Hertzman & Larsson 1999). WET지표에 따르면 1970년 이래로 유럽 내륙 및 연안 습지의 약 35%가 소실되었다 (UN WCMC 2017).

상자 22



© Michelle Guamanzara Medina

## 지중해 습지 지역 동향

습지 면적 동향 (WET)지표는 약 400개에 이르는 지중해 습지 사이트를 대상으로 산출되었으며 1970-2013년 사이 자연 습지의 48%가 소실되었음을 보여주었다. 이는 지중해 지역이 세계의 주변 대륙 (아프리카 42%, 아시아 32% 유럽 35% 소실)보다 악화정도가 심하는 것을 나타낸다 (UN WCMC 2017). 이는 400개 사이트 중 4분의 3에 해당하는 사이트의 부분집합 자료에 기반해 1975-2005년 기간 동안 9%의 소실이 있었다고 밝힌 이전 결과와는 대조를 이룬다. 이전의 산정 수치가 작게 나타난 부분적 이유는 당시 습지 서식지 면적을 잘 유지하고 있는 습지만을 포함하고 2005년까지 완전 소실되었거나 면적이 크게

소실된 습지는 배제했기 때문이다. 역으로 여타 사이트에 관한 문헌 보고에서는 소실을 과대 추정하는 경우가 많은데 이는 대규모 소실이 일어난 습지를 대상으로 보고 했기 때문이다. 이렇게 서로 상반되는 편향적 결과는 지역 습지 소실을 산출하는데 있어 샘플링이 미치는 한계를 보여준다. 출처: 지중해 습지 관측 (Mediterranean Wetland Observatory) (2018)

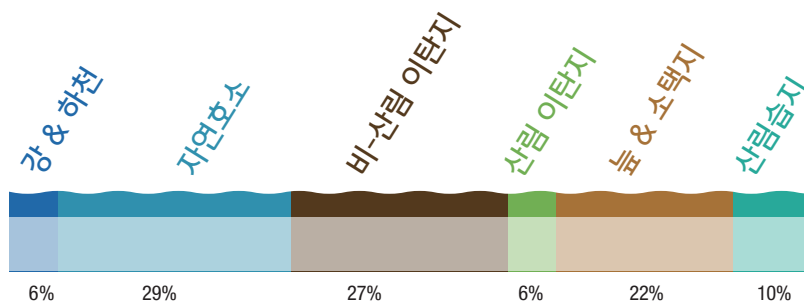
# 자연 내륙 습지 면적의 변화와 점진적 감소

제13차 람사르 습지 협약당사국 회의에서 협약당사국들이 습지 면적에 대한 국가 보고를 통해 예비 국가 데이터를 제공하기는 했으나 습지 유형 별 면적, 분포, 변화 추이에 관한 데이터는 아직 완전하지 않다. 추가 국가 보고를 통해 지역 및 세계, 람사르 습지 분류, 내륙, 해양/연안, 인공 습지에 대한 데이터가 취합될 것이다. 이 메커니즘을 통해 국제적으로 인정된 습지 정의에 따른 국가별 입증 데이터가 제공될 것이며 이를 통해 물관련 생태계 면적에 관한 SDG 지표 6.6.1을 측정하게 될 것이다. Davidson와 Finlayson (2018)가 다른 습지 유형에 관한 여러 정보 출처를 제시했다; 그러나 람사르 분류에 있는 42개 습지 유형 모두에 대한 별도의 정보가 가용한 것은 아니다. 따라서 아래 나타난 일반화된 습지 분류가 사용되고 있다(표 2.1-2.3 참조)

내륙 자연(표면) 습지는 광의적 개념에서 볼 때 다음 세 가지: 이탄지, 총적토위에 자리한 늪과 소택지, 자연호로 크게 분류된다. 이 세가지 형태가 글로벌 내륙 습지 표면적의 80%를 차지한다(그림 2.5). 이탄지는 전체적으로 내륙 습지의 30%를 차지한다. 강, 하천, 산림 이탄지 및 소택지, 총적토 위에 자리한 침수 산림이 차지하는 면적은 비교적 작다. 여러 유형의 지하수 의존 습지 면적에 대한 정보는 없으나 지하습지는 전세계 약 1천9백만m<sup>2</sup>에 달하는 토지 위에 자리한 탄산 연암의 기저에 상당부분 자리하고 있을 수 있으며(Williams 2008) - 이는 내륙 및 연안 표면 습지 보다 큰 면적이다.

데이터 집계 가능한 대부분의 내륙 습지는 전세계적으로 줄어들고 있다. 1990-2008년 기간동안 전체적으로 전세계 이탄지 면적에 큰 차이가 없기는 하나 산림 이탄지 및 열대 이탄지에서 주로 소실이 발생하고 있다. 비 - 산림 이탄지(Joosten 2010 데이터)는 약간 늘어난 것으로 보고되고 있으나 이것은 부분적으로 산림 이탄지의 전환에 따른 것으로 보인다(표 2.1).

그림 25  
자연 내륙 습지  
분류의 상대 면적(%)  
(표 2.1).



상자 23

## 글로벌 지표수 면적의 변화

1984-2015년 기간동안 약 9만km<sup>2</sup>의 영구 지표수 소실이 발생했다. (염수 및 담수) (추정된 글로벌 수면적의 2%). 이 소실분은 2십 1만km<sup>2</sup>의 영구 수계가 신규로 생기면서 상쇄되었는데 이 중 3만km<sup>2</sup>는 계절적 범람지에서 영구 범람지로 전환된 것이며 1십 8만km<sup>2</sup>는 지표수가 전혀 없던 곳에서 영구 수면이 생성된 것이다.

적은 양(1%)의 순소실을 보인 오세아니아(Pekel *et al.* 2016)를 제외하고 모든 대륙에서 영구 수면의 순 증가를 보였다. 이 데이터는 평가 기간동안 가뭄과 홍수 등 극한 상황이 있었는지를 고려하여 해석할 필요가 있다.

# 내륙 습지 변화

**표 21**  
자연 내륙 습지 분류 별  
면적 변화(출처:  
Davidson & Finlayson  
2018).  
밝은 파란색은  
가용자료 없음을 의미.

정성적 면적  
변화:  
→ 변화 없음:  
(±5%)  
↓ 감소  
(-5-50%)  
↑ 증가  
(+5-50%)

내륙 자연 습지	글로벌 면적 (백만 km <sup>2</sup> )		글로벌 면적 변화 (변화 %) <sup>b</sup>	글로벌 면적 변화 (정성적) <sup>c</sup>
	습지 분류	습지 상세분류 <sup>a</sup>		
<b>강&amp; 하천</b>	<b>0.624-0.662</b>			↓
<b>자연호</b>	<b>3.232-4.200</b>			↓
자연호 (>10 ha)		2.670		↓
자연소(못)(Natural pools)(1-10 ha)		0.562		
<b>이탄지</b>	<b>4.232</b>		<b>-0.97</b>	→
비-산림 이탄지 (고층습원, 저층습원)		3.118	<b>+6.80</b>	↑
산림 이탄지		0.696	<b>-25.32</b>	↓
열대 이탄지		1.505	<b>-28</b>	↓
온대 & 북부 이탄지		3.380		
<b>늪과 소택지(총적토 위), 범람지 포함</b>	<b>2.530</b>			↓
열대 담수 소택지(총적토)		1.460		↓
산림 습지(총적토 위)	<b>1.170</b>			
<b>지하수 의존형 습지</b>				
카르스트 & 동굴				
샘 & 오아시스				
여타 지하수 의존형 습지				

<sup>a</sup> 각각의 습지 상세 분류는 각기 다른 기준에 따라 분류되며 습지 분류 전체 합에 반드시 합산되는 것은 아니다. 온대/북부 및 열대 이탄지는 비산림 및 산림 이탄지에 추가로 합산되지 않으며, 오히려 이탄지를 구성하는 두 개의 상이한 공간적 구성 요소이다.

<sup>b</sup> 출처와 습지 분류에 따라 면적 변화 %에 대한 기간 범위는 각기 다름. 이탄지, 비산림 이탄지, 산림 이탄지는 1990-2008, 열대 이탄지는 2007-2015.

<sup>c</sup> 정량적 추이를 알 수 없는 경우 해당 습지 분류군의 비교적 적은 면적에 대해 발간된 자료에 기반하여 정성적 추이를 해석함 (Davidson & Finlayson 2018).

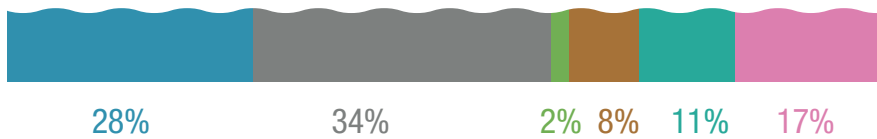
# 자연 연안/해안 습지 면적 또한 시간 경과에 따라 감소

자연 해양/연안 습지의 최대 면적을 차지하는 것은 비식생 갯벌, 염습지, 산호초로 이는 세계적으로 80%를 차지하고 있는 반면 맹그로브와 해초지는 상대적으로 작은 면적을 차지하고 있다(그림 2.6). 이 수치는 정보가 부족한 사구, 사빈, 암석 해안, 패류 암초, 켈프(Kelp) 숲, 얇은 조하대를 포함하지 않고 있다. 이 중 천해 아조수지가 가장 큰 면적을 차지하고 있을 것으로 보는 반면 패류 암초와 켈프 숲은 상대적으로 작은 면적일 것으로 본다.

거의 모든 연안 자연 습지 분류군은 전세계적으로 감소세를 보여왔으며 (표 2.2) 연안 삼각주, 해초지, 패류 암초는 상당한 소실이 발생했다. 켈프 숲은 예외적으로 큰 변동을 보이고 있는데 세계 일부 지역에서는 감소하고 있는 반면 다른 지역에서는 증가하고 있다.

**그림 2.6**  
자연 해양/  
연안 습지의 상대  
면적 (%)  
(표 2.2)

- 비식생 갯벌
- 염습지
- 연안삼각주
- 맹그로브
- 해초지
- 산호초 (온수)



**표 2.2**  
해양/연안 자연  
습지의 면적 변화  
(출처: Davidson &  
Finlayson 2018; Global  
Mangrove Watch).  
밝은 파란색은 가용  
자료 없음을 의미.

정성적 면적 변화:  
→ 변화 없음:  
(±5%)  
↓ 감소  
(-5-50%)  
↓↓ 감소  
(>50%)  
↑ 증가  
(+5-50%)

	글로벌 면적(백만 km <sup>2</sup> )		글로벌 면적 변화 (%) <sup>b</sup>	글로벌 면적 변화 (정량적) <sup>c</sup>
	습지 분류	습지 상세분류 <sup>a</sup>		
하구	0.660			↓↓↓
비식생갯벌		0.458		↓↓↓
염습지		0.550		↓
연안 삼각주		>0.030	-52.4	↓↓
맹그로브	0.143		-4.3%	→
해초지	0.177		-29	↓
산호초 (온수)	0.284		-19	↓
패류 암초			-85	↓↓↓
연안 석호				↓
켈프 숲			-0.018	→
얇은 조하대				↓
사구/해변/ 암석해안				
연안 카르스트 & 동굴				

<sup>a</sup> 각각의 습지 상세 분류는 각기 다른 기준에 따라 분류되며 습지 분류 전체 합에 반드시 합산되는 것은 아니다.

<sup>b</sup> 출처와 습지 분류에 따라 면적 변화 %에 대한 기간 범위는 각기 다름. 연안삼각주 1986-2000; 맹그로브 1996-2016; 해초지 1879-2005; 산호초 이력데이터-2008; 패조류 어초 이력데이터- 2010; 켈프 숲 1952-2015.

<sup>c</sup> 정량적 추이를 알 수 없는 경우 해당 습지 분류군의 비교적 적은 면적에 대해 발간된 자료에 기반하여 정성적 추이를 해석함 (Davidson & Finlayson 2018).

# 인공습지는 면적 증가

자연 습지가 줄어들고 있는 가운데 인간이 만든 인공 습지는 지속적으로 증가하고 있다. 그러나 많은 경우 자연 습지의 소실분을 상쇄하고 있지는 못하다. 주요 인공 습지는 논, 저수지와 같은 수 저장계이며 상대적으로 아주 작은 면적이기는 하나 작은 연못과 이탄토의 열대 팜 오일 및 펄프목 식생도 여기에 속한다.

젖은 초지, 염전, 양식장, 수산양식장, 폐수처리연못에 대한 전세계 면적 정보는 가용하지 않았다. 대부분 유형의 인공 습지는 1960년 대 이래로 상당히 증가(표 2.3)해 왔으며 전세계 습지의 12% 정도를 차지하고 있다.

**표 2.3**  
인공 습지의 면적 변화  
(출처: Davidson & Finlayson 2018). 밝은 파란색은 가용 자료 없음을 의미.

<sup>a</sup> 출처와 습지 분류에 따라 면적 변화 %에 대한 기간 범위는 각기 다름:  
저수지 1970-2012;  
논 1965-2014;  
팜 오일 식생지 1990-2015.

<sup>b</sup> 정량적 추이를 알 수 없는 경우 해당 습지 분류군의 비교적 적은 면적에 대해 발간된 자료에 기반하여 정성적 추이를 해석함 (Davidson & Finlayson 2018).

- 변화 없음: (±5%)
- ↓ 감소 (-5-50%)
- ↑ 증가 (+5-50%)
- ↑↑ 증가 (>+50%)

인공 습지	글로벌 면적 (백만 km <sup>2</sup> )	글로벌 면적 변화 (변화 %) <sup>a</sup>	글로벌 면적 변화 (정성적) <sup>b</sup>
<b>물 저장체(Water storage bodies)</b>			
저수지	0.443	+31.6	↑
작은 (예, 농장) 연못	0.077		↑-↑↑
<b>농업 습지</b>			
논	1.290	+30.2	↑
팜 오일 식생	0.002	+39	↑
젖은 초지			↓
폐수 처리/ 조성 습지			↑
염전			
수산양식장			
인공 카르스트 & 동굴			

# 많은 습지 의존종 개체수의 감소

최근 평가 자료는 많은 습지 의존종 개체수가 장기적으로 감소하고 있고 멸종 위기에 있다는 이전 분석을 뒷받침하고 있다.

IUCN 적색목록은 동식물 종의 멸종 위험 정도를 평가하고 있으며 다음 내용을 담고 있다:

- 전 세계적으로 19,500종 이상의 습지 의존 생물종을 평가했으며 이 중 4분의 1(25%)은 멸종 위기에 있다;
- 내륙 습지 의존종의 25% (조사한 18,000종 이상의 생물종)는 세계적으로 위협받고 있으며 이 중 6%는 심각한 위기에 있다;
  - 강과 하천에 의존하고 있는 내륙 생물종은 늪과 호수 의존종 (20%)보다 세계적으로 더욱 위협받고 있다. (34%);
  - 내륙 습지 의존종은 육상 생물보다 더욱 큰 멸종 위기에 놓여 있다 (Collen *et al.* 2014);
- 적은 수 (1,500 미만)이기는 하나 조사된 연안 및 근해 해양 생물종 또한 전계적으로 유사한 위협 (23%)에 있으며 심각한 위기종은 1%에 그치는 것으로 나타났다

- RLI는 가용한 데이터가 존재하는 모든 네 개의 습지 의존 분류 그룹 (포유류, 조류, 양서류, 산호초)에서 감소 추세를 보였는데 (그림 2.8), 이는 생물종들이 점차 더 멸종을 향해 가고 있다는 것을 의미한다;
- 감소는 산호초에서 가장 빠르게 나타난다(특히 해양 산성화와 온난화와 관련된 백화 현상으로 야기됨);
- RLI 지수값은 양서류에서 가장 낮게 나타나는 데 이는 양서류가 가장 큰 위협 하에 있다는 것을 의미한다 (특히 카이트리드 진균의 위협이 큼);
- 물새는 1980년대 후반 이래로 지속적인 감소세를 보이고 있다.

그림 2.7

담수, 해양, 육상 바이오매스에 관한 지구 생명지수 (Living Planet Index) 2016. 육상 바이오매스는 열대, 온대 산림, 초지, 관목지, 사막이 포함됨  
출처: WWF자료 가공 (2016).

지구생명지수(LPI)

- 육상
- 해양
- 담수

지구생명지수 (Living Planet Index: LPI)는 시간에 걸친 척추동물 개체군 존재량의 평균 변화를 산정한다 - 개체군 크기의 절대적 변화보다는 변화율을 나타내며 다음과 같은 내용을 담고 있다:

- 1970년 이래로 담수종 개체군의 81%가 세계적으로 감소되어 왔다(그림 2.7). 다른 생태계에 의존하고 있는 생물종과 비교해 훨씬 큰 감소이다 (WWF 2016);
- 1979년과 2008년 사이 온대지역 담수종의 경우 36% 지수 증가가 있었다 - 그러나 열대 지역의 경우 70%의 지수 감소가 있었다 (WWF 2012);
- 담수 LPI와는 대조적으로 2016년 해양 LPI에서 나타난 36%의 감소 중 대부분은 1970년에서 1980년대 후반 기간 동안 일어났으며 이후 추세는 안정화되었다(그림 2.7). 이는 상대적으로 낮은 개체수준을 유지하면서 형성된 안정화이기는 하지만 1988년 이후 전세계인 어획 안정화 추세를 반영하는 것이다 (WWF 2016).

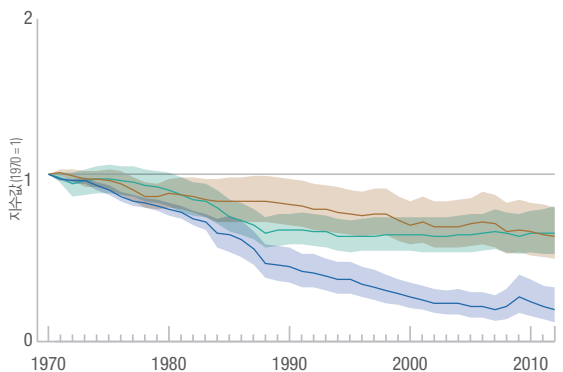
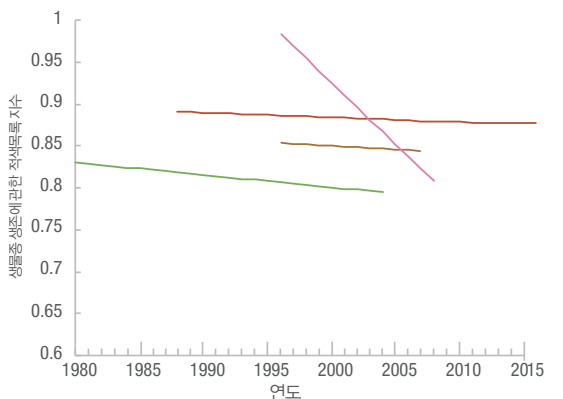


그림 2.8

습지 의존 생물 분류 그룹별 생물종 생존에 관한 적색 목록 지수 추이  
출처: Bird Life International (2015).

- 조류
- 포유류
- 양서류
- 산호

IUCN 적색목록 데이터에 기반한 적색 목록 지수 (Red List Index: RLI)는 생물종 그룹의 생존 확률에 관한 추세를 평가한다 (Butchart *et al.* 2007):

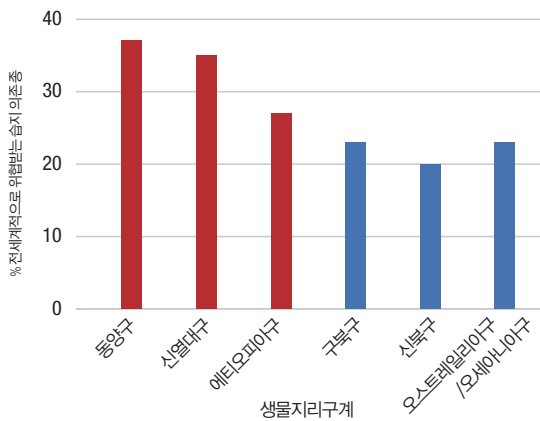


# 습지 의존 생물의 지역적 추세에서 가장 큰 위험을 보이고 있는 열대지역

담수 생물종과 개체군의 지역 현황 및 변화 추세는 IUCN 적색 목록을 기반으로 평가하고 있으나 모든 지역과 종을 대상으로 평가가 이루어 지는 것은 아니다. 세계적으로 위협받고 있는 생물종의 비율은 위협 정도에 대한 평가가 이루어진 현존하는 생물 (예, 멸종했거나 데이터가 부족한 생물은 제외)을 기반으로 산정된다.

지역적으로 보았을 때 서로 다른 생물지리구계 (광의적 개념에서 유사한 진화 역사를 가지고 있는 지역)에서 세계적으로 위협 받고 있는 담수 분류군의 비율은 20%-37%사이에서 다양하게 나타나며(그림 2.9) (Collen *et al.* 2014) 열대 지역이 가장 큰 위험을 보이고 있다. 조금 더 미세한 공간적 규모로 보았을 때 습지 의존종의 세계적 위험은 지역마다 큰 차이를 보인다. (표 2.4). 지역적으로 평가해 보면 마다가스카르 (세계적으로 위협받는 생물종이 43%), 뉴질랜드 (41%), 유럽 (36%)와 남미 열대 안데스 (35%) 지역이 가장 열악한 상황을 보이고 있으며 아프리카(25%), 아라비아 반도 (22%) 또한 심각한 문제를 보이고 있다. 아시아의 일부 지역(인도-버마, 동부 히말라야, 인도: 10-19%)과 북미 (20%), 동부 지중해 (19%), 오세아니아 태평양 군도 (12% - 담수 어류에 국한)는 낮은 정도의 위험을 보이고 있다. 위협에 놓여 있는 생물 분류군은 다음과 같다: 인도-버마 지역의 계류 및 포유류, 인도의 양서류와 담수 어류, 북미의 담수새우; 동부 지중해 지역의 비해양 연체동물, 십각류 및 담수 어류.

**그림 2.9**  
생물지리구계별 (열대지역: 붉은색, 그 외지역 파란색) 세계적으로 위협받는 척추 동물과 십각류 비율 (계류와 크레이 피쉬)  
출처: Collen *et al.* (2014).

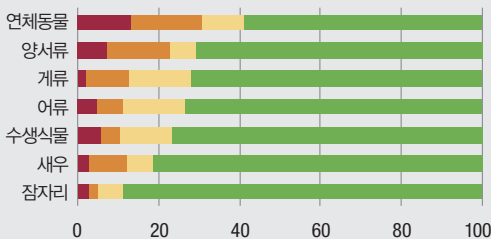


**상자 24**  
(표 2.4 참조)

## 열대 일부 지역의 담수종 현황

### 아프리카 대륙

아프리카에서 평가를 진행한 생물 분류군 가운데 세계적으로 가장 위협받고 있는 종은 연체동물 (41%), 양서류 (31%), 계류 (28%), 어류 (27%)이다. (Darwall *et al.* 2011).



### 마다가스카르 & 인도양 군도

많은 담수 생물 분류군이 전 세계적으로 위협받고 있으며 특히 수상 식물 (80%), 크레이 피쉬 (67%), 양서류 (49%), 어류 (43%)와 비해양 연체 동물 (30%)의 위협 정도가 크다 (Máiz-Tomé *et al.* 2018).

### 인도-버마, 동부 히말라야와 서부 고초 산맥

많은 인도 버마 생물종이 전 세계적으로 위협받고 있다 - 습지 의존 포유류의 77%를 비롯하여 계류 (34%), 양서류, 어류, 연체류 (각각 17%)가 위협 하에 있다. 그러나 위급 (CR)에 속하는 생물종은 거의 없다(2%). 동부 히말라야와 서부 고초(Ghats) 산맥 지역에서는 어류에 대한 위협 정도가 높고 (각각 18% 와 37%) 서부 고초 지역에서는 양서류에 대한 위협이 높다 (41%). 그러나 다른 생물 분류군의 경우 위협정도가 유럽이나 아프리카보다 낮다 (Allen *et al.* 2010, 2012; Molur *et al.* 2011).

### 열대 안데스

현존하는 담수 생물종의 18%가 전 세계적으로 위협받고 있으며 이중 4%는 심각한 위기에 있다. 가장 큰 위험을 보이는 것은 연체동물 (38%: 이중 15%는 위급종)이며 수상 식물 (33%: 이중 8%는 위급종)이다 (Tognelli *et al.* 2016)

**그림 2.10**  
아프리카 담수 생물종 현황 (Darwall *et al.* 2011)  
■ 위급(CR)  
■ 위기(EN)  
■ 취약(VU)  
■ 준위협(NI)

# 습지 의존 생물종의 추이

**표 24**  
지역별 내륙 습지 의존 생물 분류군의 세계적 위협 현황 (출처: IUCN 담수 적색목록 출판물 & 적색목록 데이터베이스).

■ 세계적 위협종 <10%  
■ 10-25%  
■ >25%  
 평가되지 않은 생물 분류군

지역	하부 지역	세계적 위협%											
		식물류 & 양치식물	관속식물	비핵양 연체동물	개류	크레이피쉬	담수새우	갑자린	담수 어류	양서류	물새**	습지 의존 포유류	평가된 모든 생물 분류군
아프리카	아프리카 대륙		24	41	28		19	11	27	31			25
	마다가스카르 & 인도양 군도		80*	30	15	67	4	7	43	49			43
아시아	아라비아 반도		16	24	0			29	50				22
	인도-버마		2	17	34		0	4	17	17	12	77	13
	동부 히말라야			2			8	2	18				10
	인도		9	12	11		4	3	37	41			19
유럽	유럽	40	8	59		67	41	16	40	23	15		36
	동부 지중해		3	45		44		7	41	33	5	38	19
남미 & 캐리비안	열대 안데스		33	38				15	16				35
북미	북미					20	40		20	22			20
오세아니아	뉴질랜드			47		0	0	0	49	75			41
	오세아니아 태평양 군도								12				12

1. 아프리카 대륙: Darwall *et al.* 2011; 마다가스카르: Máiz-Tomé *et al.* 2018; 인도-버마: Allen *et al.* 2012; 동부 히말라야: Allen *et al.* 2010; 인도: Molur *et al.* 2011; 아라비아 반도: Garcia *et al.* 2008; 열대 안데스: Tognelli *et al.* 2016; 유럽: BirdLife International 2015a, Bilz *et al.* 2011, Cuttelod *et al.* 2011, Freyhof & Brooks 2011, Kalkman *et al.* 2010, Temple & Cox 2009, García Criado *et al.* 2017; 오세아니아 태평양 군도: Pippard 2012; 동부지중해: Smith *et al.* 2014; 그 외: Red List database 2017.3 (2017년 10월 30일에 평가).

\* 고유종에 국한

\*\* 많은 물새에 관한 적색 목록 평가가 존재하지 않아 생물 분류군의 경우 하부 지역 적색 목록 담수 평가에서는 다루어지지 않았다.

# 습지 의존 생물종 현황 - 분류군

서로 다른 분류군에 대한 현황 평가가 진행되었으며 주로 이 평가는 이동성 물새 경로상의 종과 같은 대표종을 대상으로 수행되었다. 표2.5은 이에 대한 요약 을 담고 있다. 글로벌 현황에 대한 변동 추이 자료는 다음과 같은 몇 개의 생물 분류에 대해서만 존재한다: 거머리말, 산호, 양서류, 바다거북, 물새, 포유류.

아래의 조사 결과를 보면 안타깝게도 모든 분류군에서 감소 추이가 나타난다. 조사했던 생물 분류군 중 절반 이상에서 생물종의 4분의 1 이상이 세계적으로 위협받고 있으며 바다 거북의 경우 조사한 모든 종이 위협 하에 있다.

IUCN 적색 목록을 기반으로 평가한 거의 모든 내륙 연안 습지 의존 생물 분류군에서 세계적 위협 정도가 높게 나타난다 (>10%의 생물종이 세계적으로 위협 하에 있음):

- 가장 높은 정도의 세계적 멸종 위협을 보이는 종은 바다 거북(100%가 세계적으로 위협 하에 있음), 습지 의존 거대 동물(62%), 담수 파충류 (40%), 비 해양 연체동물(37%), 양서류 (35%), 산호(33%), 계류와 크레이피쉬 (32%)이다.
- 조사한 모든 생물 분류군 중 산호초 의존 파랑 비늘돔 및 쥐돔 (2%가 세계적으로 위협 하에 있음)과 잠자리 (8%) 만이 낮은 위협을 보였다.

습지 의존 분류군의 현황은 아래 정리되어 있다(일부는 부분적 데이터에 기반하고 있음을 유의):

## 양치류와 석송류

유럽에서는 (평가가 이루어진 유일한 지역) 습지 의존종의 36%가 세계적으로 위협받고 있다(Garcia Criado *et al.* 2017).

**표 2.5**  
습지의존 분류군 별  
글로벌 위협 현황 요약  
(IUCN 적색 목록)

■ 세계적으로  
위협 하에 있는  
생물종 <10%  
■ 10-25%  
■ >25%.

<sup>1</sup> IUCN 적색 목록 현황:  
위급(CR); 위급(EN);  
취약(VU).  
<sup>2</sup> 유럽에 국한.  
<sup>3</sup> 일부 지리  
지역에 국한.

습지 의존 분류군의 세계적 위협 현황		
습지 의존 분류군	세계적 위협% <sup>1</sup>	위급(Critically Endangered) %
석송류 & 양치류 <sup>2</sup>	36	알려지지 않음
담수 관다발 식물 <sup>3</sup>	17	4
거머리말	16	0
맹그로브	17	3
산호	33	1
비해양 연체동물 <sup>3</sup>	37	10
계류	32	5
크레이피쉬	32	10
담수 새우	28	4
잠자리	8	1
어류		
담수 어류	29	5
산호초 어류(파랑비늘돔 & 쥐돔에 국한)	2	0
양서류	35	9
파충류		
담수 파충류	40	11
바다거북	100	33
물새	18	3
포유류	23	3
습지의존 거대동물 (>30 kg 어류, 파충류, 포유류)	62	27

## 담수 관다발 식물

전체적으로 적색목록의 위협 현황은 상대적으로 낮으나(17%가 세계적으로 위협), 지역마다 인도-버마 2%, 아프리카 24%, 열대 안데스 33%로 상이하다.

## 거머리말

72개 생물종 중 31%는 감소하고 있으며 7%만 증가하고 있다. 10개 종(16%)은 멸종 위험이 증가하고 있고 3개 종은 멸종 위기에 있다(Short *et al.* 2011).

## 맹그로브

평가한 66개 종 가운데 11개(17%)는 세계적으로 위협받고 있다(Polidoro *et al.* 2010). 특별히 우려스러운 지역은 중앙 아메리카의 대서양과 태평양 연안 지역으로 생물종의 최대 40%가 멸종 위협에 있다.

## 산호

평가한 704개 종 중 33%가 세계적으로 위협받고 있다(Carpenter *et al.* 2008). 지역적으로 볼 때 캐리비안과 산호 삼각지대(서태평양)는 가장 큰 규모의 산호가 멸종 위기에 있다. 세계적인 위협 정도는 1996-2008년 사이 -17.8% 정도 악화되었다(BirdLife International 2015).

## 비해양 연체 동물

글로벌 위협 정도는 37%로 높으며 이 수치는 유럽의 경우 59%, 동부지중해 45%, 아프리카 41%, 열대 안데스 38%까지 올라간다(Cuttelod *et al.* 2011).

## 계류

32%가 세계적으로 위협받고 있으며 이중 5%는 심각한 위기에 있다(Collen *et al.* 2014). 위협 정도는 아프리카와 인도-버마에서 높다.

## 담수 크레이피쉬

32%가 세계적으로 위협받고 있으며 이중 10%는 위급(CR)종이다(Richman *et al.* 2015).

## 담수 새우

479개 생물종 중 28%는 세계적으로 위협받고 있으며 이중 4%는 위급(CR)종이다. 가장 위협 정도가 높은 지역은 신북구(적은 수의 생물종 중 46%가 세계적으로 위협 하에 있음), 구북구(32%), 인도네시아(30%)이다(De Grave *et al.* 2015). 지역적으로 볼 때 유럽(41%), 북미(40%) 새우의 위협 정도가 높다(표2.4).

## 잠자리

잠자리는 글로벌 현황을 평가한 유일한 곤충군이다(Clausnitzer *et al.* 2009). 단지 8%의 종만이 위협 하에 있으며 다른 습지 의존 분류군과 비교해 볼 때 위협 정도가 낮다. 지역적으로 평가한 1,968개 종을 보면 평균 위협 정도는 낮은 편이며(8%) 이중 1.5%는 위급(CR)종이다.

## 담수 어류

평가한 8,389 종 중 29%는 세계적으로 위협받고 있으며 이중 5%는 위급(CR)종이다. 위협 정도는 아라비아 반도(50%), 뉴질랜드(49%), 마다가스카르(43%), 동부지중해(41%), 유럽(40%)에서 가장 높다.

## 파랑비늘돔과 쥐돔

이와 같은 산호초 어류 160종 중 대부분은 광범위하게 확산되어 분포하고 있고 관심 필요 상황에 놓여 있으며 3개 종(2%)만이 세계적으로 위협 하에 있다(Comeros-Raynal *et al.* 2012).

## 양서류

습지 의존 양서류는 평가한 담수 분류군 중 세계적으로 가장 큰 위협을 받고 있는 생물종 중 하나이며 이는 특히 개구리 효모균의 영향 때문으로 35%는 세계적으로 위협받고 있으며 이중 9%는 위급(CR)종이다(Stuart *et al.* 2004; Red List database 2017). 뉴질랜드(75%), 마다가스카르(49%), 인도(41%), 동부지중해(33%)는 높은 위협을 보이고 있다. 강과 개울 의존 양서류는 정수(static water)에 서식하는 종에 비해 세계적으로 더욱 큰 위협에 있다(Stuart *et al.* 2004). 세계적으로 1980-2004년 기간 동안 상황이 -4.3% 정도 악화되었다(BirdLife International 2015).

## 파충류

가장 큰 위협을 받고 있는 또다른 분류군 중 하나로 종의 40%가 세계적으로 위협 하에 있으며 11%는 위급(CR)종이다(Collen *et al.* 2014). 일곱 종의 바다 거북 중 평가한 여섯 종이 세계적으로 위협 받고 있다: 두 개 종은 취약(VU)종(장수거북, 올리브 바다거북)이며 두 개 종은 위기(EN)종(붉은바다거북, 푸른바다 거북), 두 개 종은 위급(CR)종(매부리바다거북, 캄프바다 거북)이다(IUCN-SSC 바다거북 전문가 그룹). 최근 평가를 보면 일곱 개 종 가운데 여섯 개 종의 일부 개체가 증가하고 있으나 서태평양에서는 지속적인 감소 추이를 보이고 있다(Mazaris *et al.* 2017).



© Alqasimi Baddar

## 물새

종의 수준에서 상대적으로 낮은 세계적 위협을 보이고 있으나 그럼에도 18%는 세계적으로 위협받고 있으며 3%는 위급(CR)종이다(IUCN 적색 목록 데이터베이스). 세계적 위협 상황은 1988-2016년 기간동안 -1.5% 정도 악화되었다 (BirdLife International 2018). 물새 생물지리 개체는 1970년 대에 전세계적으로 열악했으며 악화상태에 있었다; 1976-2005년 사이 전체적인 상황이 약간 개선되기는 하였으나 개체의 47% 가 감소되거나 멸종되었다 (Wetlands International 2010).

- 플라밍고, 검은머리물떼새, 장다리물떼새, 뒷부리 장다리물떼새, 펠리컨, 갈매기, 제비갈매기류, 물갈매기류 만이 감소 개체보다 증가 개체가 많다;
- 13개의 다른 물새 특히 뜸부기류, 도요류, 물꿩, 호사도요, 황새는 상황이 모두 악화되었다;
- 약 180만 물새/바닷새가 매년 지중해, 북유럽, 중앙 유럽, 코카서스 지역에서 불법적으로 살생되는 것으로 추정되고 있다.

장거리 이동 물새는 지속적으로 열악한 상황에 있다. 2000년대 일부 이동 경로에서 상황이 호전되기는 하였으나 다른 이동 경로에서는 상황이 더욱 악화되었다 (Wetlands International 2010; Davidson 2017):

- 아프리카-유라시아 이동경로는 1969년대 이래로 꾸준히 악화되었는데 특히 동유럽, 서아시아, 동아프리카를 지나는 이동 경로의 경우 더욱 열악한 상황이다;

- 아시아-태평양 이동경로는 열악한 상황이나 1970년대 이래 개선되고 있다;
- 미국 이동경로는 상대적으로 좋은 상황이며 최근 상황이 호전되었다.

털새와 단거리 이동 물새의 경우 현황 및 변동 추이와 관련하여 지역적 차이가 있다.

- 네 개 지역(남미, 사하라이남아프리카, 아시아, 오세아니아)에 의존하고 있는 개체군은 지속적으로 열악한 상황에 있으며 아시아의 상황이 특히 열악하고 오세아니아 지역의 경우 최근 일부 상황이 호전되고 있다;
- 북미와 유럽의 털새 개체는 상대적으로 나은 상황에 있으며 1990년 초반 이래로 상황은 호전되고 있다.

## 포유류

내륙습지 의존 포유류의 23%는 세계적으로 위협받고 있으며 이중 3%는 위급(CR)종이다(Collen *et al.* 2014). 1996년과 2006년 사이 세계적 상황은 -1.9% 정도 악화되었다 (BirdLife International 2015).

## 담수 거대동물

>30 kg인 습지 의존 어류, 파충류, 포유류의 경우 특히 높은 멸종 위기에 있다. 평가한 107개의 종 중 62%는 세계적으로 위협받고 있으며 이중 27%는 심각한 위기에 있다 (Carizzo *et al.* 2017). 남아시아와 동남 아시아의 경우 위협 하에 있는 담수 거대동물 종의 비율이 높다.

# 수질 추이의 전반적 악화

수질은 인류 안녕의 주요 관심 사항이나(Horwitz *et al.* 2012), 수질 추이는 전반적으로 부정적이다. 습지가 생태계 조절 서비스를 통해 수질을 개선하는 역할을 하기는 하지만 악화된 수질은 습지를 황폐화시킨다(Russi *et al.* 2013). 미처리 폐수, 산업 폐기물, 농업 유출수, 퇴적물 부식과 변화 등이 주요 위협요인이다(주요 동인 섹션 참고). 1990년대 이래로 수질은 남미, 아프리카, 아시아의 거의 모든 강에서 악화되어왔다(WWAP 2017). 기후 변화, 경제개발, 농업의 확대와 집약화로 인해 수질 악화는 가속화될 것으로 예상되며 이는 인류 건강과 습지, 지속가능 개발에 대한 위협을 가중시킬 것이다(그림 2.11, Veolia & IFFRI 2015).

산업, 도시 폐수 처리는 일반적으로 국민소득을 반영한다. 평균적으로 고소득 국가는 폐수의 70%를 처리하고 있고 중고소득 국가는 38%, 저중소득 국가는 28%, 저소득 국가는 단지 8% 처리에 그치고 있다(Sato *et al.* 2013). 전세계적으로 폐수의 80% 이상이 충분한 처리를 거치지 않고 습지로 흘러 든다(WWAP 2012; UN-Water 2015).

250억~400억톤의 표토가 매년 침식되고 있으며 주로 농지에서 침식이 일어나고 있다. 침식으로 인해 2천3백만~4천2백만 톤의 질소와 1천5백만~2천 6백만 톤의 인이 이동한다(FAO and ITPS 2015). 전세계적으로 습지에서의 영양분 축적 및 부영양화는 최대 수질 악화 요인이다(그림 2.12). 북미 오대호의 사례를 보면 농업과 가정 잔디로부터의 확산 오염원이 증가하고 있고 이로 인해 이리(Erie)호는 더욱 심각한 부영양화를 겪고 있다(Michalak *et al.* 2013; Scavia *et al.* 2014). 유럽에서 특히 확산오염원으로 인해 부영양화가 17개의 회원국(European Commission 2012) 수계의 30%에 영향을 미치고 있다. 지하수 관측소의 거의 15%정도에서 음용수의 질산염 함량이 세계 보건 기구 기준을 넘는 것으로 나오고 있다(European Commission 2013). 2050년까지 세계 인구의 5분의 1이 부영양화, 3분의 1이 과도한 질소와 인으로 인한 위협에 직면하게 될 것으로 예상된다(WWAP 2017).

과도한 퇴적물은 수생 생물다양성을 훼손할 수 있으며(예, Jones *et al.* 2012; Kemp *et al.* 2011), 역으로 댐 후면에 갇혀 쌓인 퇴적물로 인해 연안과 삼각주에는 퇴적량이 줄어들 수 있는데(“침전물 부족”) 이는 지반침하와 습지 소실로 이어진다. 부분적으로는 댐건설로 인해 미시시피 삼각주의 습지가 소실되고 이로 인해 태풍과 홍수 방어 기능을 잃게 되면서 2005년 허리케인 카트리나로부터 더욱 큰 피해를 입게 되었다(Batker *et al.* 2010).

전세계 수질 관측 프로그램의 초기 발견 내용을 보면 남미, 아프리카, 아시아에 뻗어 있는 모든 강의 3분의 1에 심각한 병원균 오염(그림 2.13)이 발생해 있다는 것을 알 수 있다(UNEP 2016). 위생 상황에 일부 개선이 있기는 하였으나(WHO/UNICEF 2015), 이 지역에서는 20년 동안의 분변 대장균 축적이 전반적으로 증가되어왔다. 습지의 세균 오염은 심각한 보건 위험을 일으키며(Santo Domingo *et al.* 2007), 콜레라, 편모충증과 같은 질병을 야기한다(Horwitz *et al.* 2012).

염분은 수질을 결정 짓는 또 다른 핵심 인자이다. 식생을 제거하거나 염해 토양에 물을 대는 경우 관개 농수가 토양 단면에서 스며들어 염분 침출이 발생하게 되고 지하수의 염분이 증가하게 된다(OECD 2012a). 지하수면의 증가는 토양과 습지에서 염류 집적 작용을 일으키게 된다. 연안 지역에서는 지하수 과다 취수와 해수면 상승이 염수 침투를 야기한다(OECD 2015a; Werner *et al.* 2013). 지하수 염분과 토양 염류 집적 작용은 대부분의 경우 되돌릴 수 없다(Bennett *et al.* 2009).

발전소로부터 발생하는 황오염물을 관리하면서 OECD 국가에서는 산성 침적 현상과 그 영향이 감소했다(OECD 2017). 그러나 화석 연료에서 발생하는 질소 산화물과 농업에서 발생하는 암모니아는 여전히 습지에 산성 침적을 야기하고 있으며 이후 부영양화를 일으킨다. 산성 광산 배수는 많은 국가에서 주요 오염원이 되고 있으며(Simate & Ndlovu 2014) 광업은 용존성 중금속의 주요 원인일 수 있다.

습지의 열오염은 일반적으로 발전소 및 산업과 관련되어 있다. 이로 인해 산소가 감소하고 먹이 사슬 교란이 발생하며 생물 다양성이 감소하고 호열성 생물종의 침입이 촉진된다(Chuang *et al.* 2009; Teixeira *et al.* 2009). 전세계 열오염 정도와 영향은 자세히 연구되지 않았다(OECD 2017).

# 수질에 영향을 미치는 광범위한 오염원

증가하는 플라스틱 쓰레기가 먼 거리로 확산되고 있다. 최소 2십 6만 톤 이상에 달하는 5조 2천 5백억개의 플라스틱 입자가 세계 대양을 부유하고 있다 (Eriksen *et al.* 2014). 이 쓰레기는 수세기 동안 부유 상태로 있을 수 있다 (Derraik 2002). 플라스틱 입자는 먹이 사슬을 파괴하고 동물에 해를 가하며 잔류성 유기 오염물질을 배출할 수 있다. 생물군과 해양 쓰레기 간 보고된 사고의 약 88%는 플라스틱과 관련되어 있다 (GEF 2012); 지중해에서 플라스틱이 약 18%의 대형 표층 포식 어류 배속에서 발견되었으며 (Romeo *et al.* 2015) 미세플라스틱 오염은 오대호 (Eriksen *et al.* 2013)와 외곽 산지 습지 (Free *et al.* 2014)와 같은 내륙 체계에서 증가하고 있다.

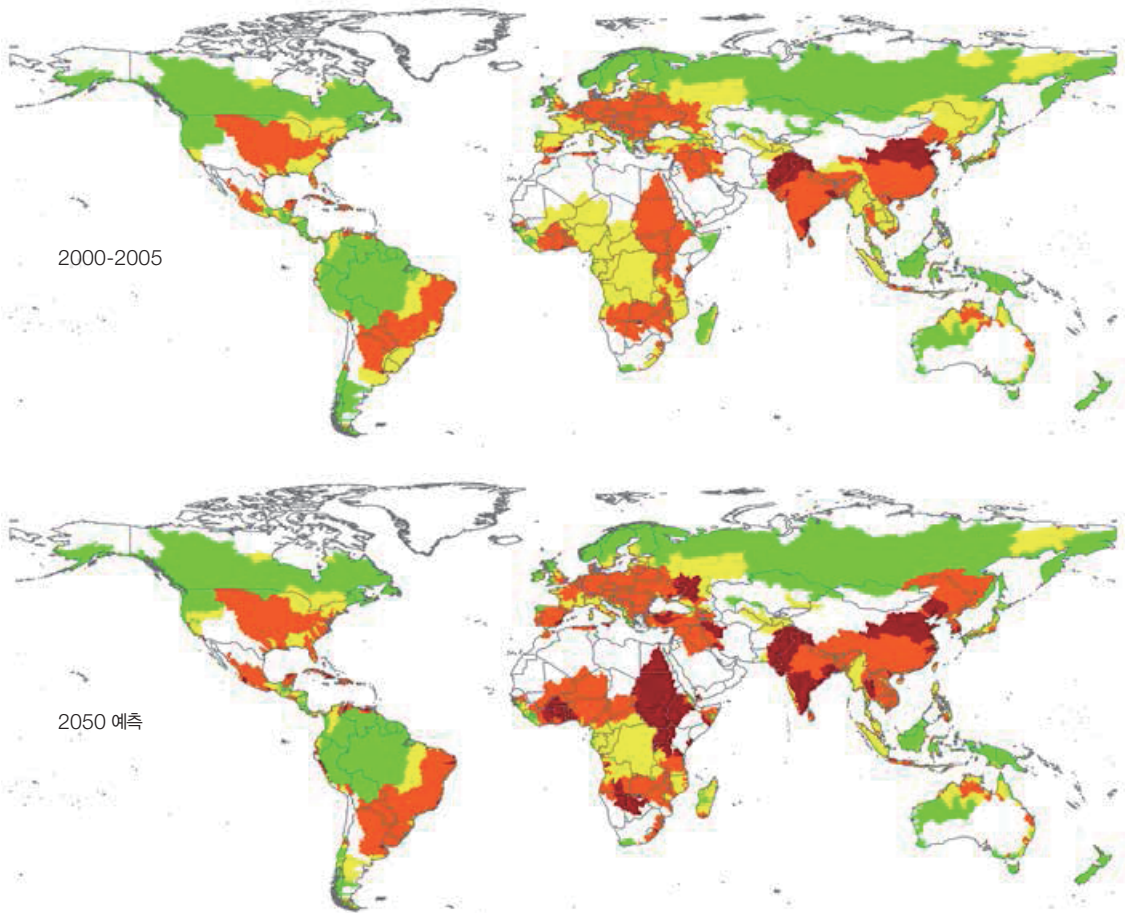
(Bünemann *et al.* 2006). 거의 절반의 OECD 국가의 농업 지대에서 지표수와 지하수 속 살충제 농도는 국가 권고 한계를 넘어섰다 (OECD 2012b).

새롭게 부각되고 있는 오염물 - 의약품, 호르몬, 산업 화학물, 퍼스널 케어 제품 등 - 은 우려를 낳고 있으며 예상보다 높은 농도로 확인되고 있다 (Sauvé & Desrosiers 2014).

농업 활동 증대로 화학물 사용이 연간 약 2백만 톤으로 증가 되어 왔다 (De *et al.* 2014). 많은 화학물이 물 속으로 침출되면서 (Flury 1996) 세계적 문제를 일으키고 있다 (Arias-Estévez *et al.* 2008; Bundschuh *et al.* 2012; EEA 2014; Luo *et al.* 2009). 이 화학물이 토양 생물에 미치는 영향 정도는 많은 경우 정량화되지 않았다

그림 211

주요 강유역의 수질 지표의 기준년도 (2000-2005)와 2050 간 비교. CSIRO-중기 시나리오로 볼 때 2050년경 3명중 1명은 높은 위험 수준의 질소와 인에 노출될 것으로 예상되며 (각각 26억과 29억으로 증가) 5명 중 1명은 생화학적 산소 요구량으로 인한 높은 물오염에 직면할 것으로 예상된다. (16억명)  
출처: Veolia & IFPRI 2015



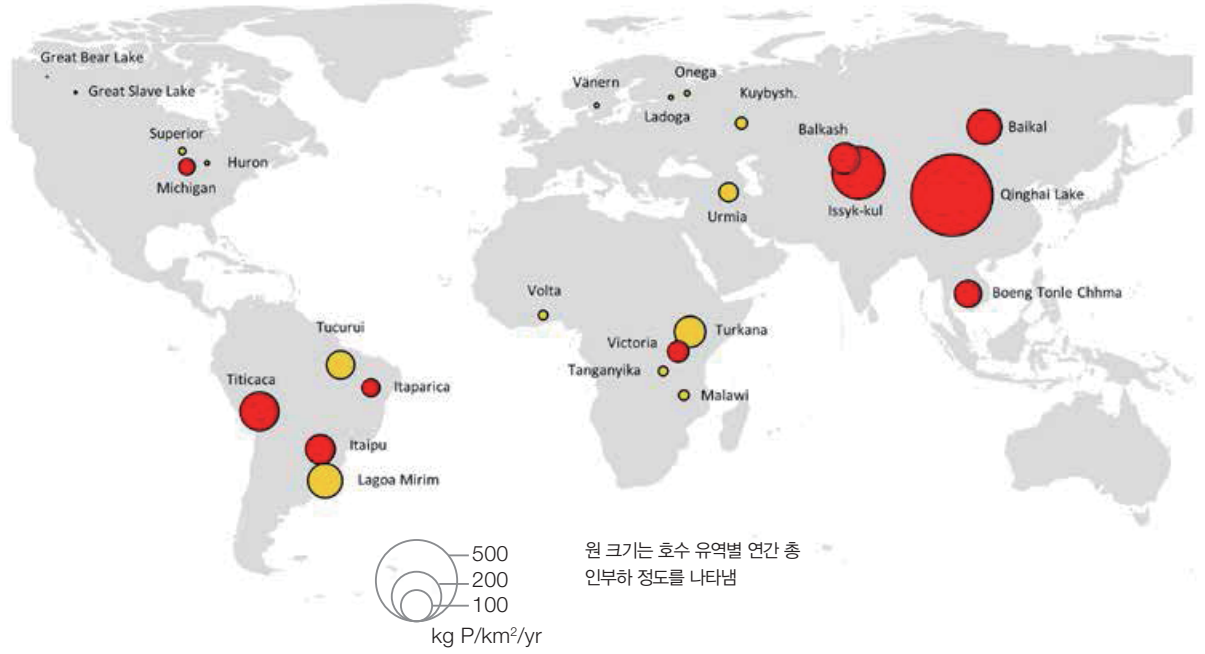
- 데이터 없음
- 낮음
- 보통
- 증가
- 높음

**그림 2.12**

2008-2010년 사이 25개 최대 규모 호수에 대한 호수 유역 별 평균 총 인부하를 인간 활동 정도와 함께 표기. 인류 발생 부하 50% 초과 (노란색), 90% 초과 (붉은색), 50% 미만 (파란색)으로 표기. 출처: UNEP (2016).

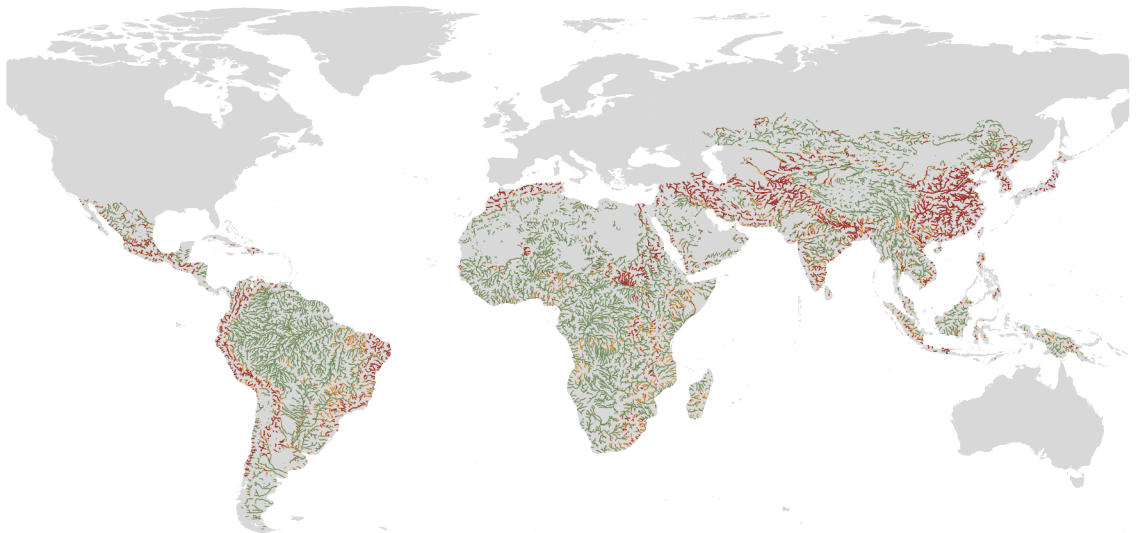
연간 총 인부하:

- ≤50%
- >50% 거나 ≤90%
- >90%



**그림 2.13**

아프리카, 아시아, 남미 하천 내 배설물 대장균 박테리아 (FC) 밀도 예측 (2008-2010 2월). 출처: UNEP (2016). © CESR, University of Kassel, 2016 4월, WaterGAP3.1



2008-2010년 2월

FC [cfu/100ml]

- 미 산출
- 저오염 (≤200) (1차 접촉에 적합)
- 보통오염 (200 < x < 1000) (관개에 적합)
- 중대오염 (>1000) (임계치 초과)

# 습지의 글로벌 물순환 유지 - 수문학적 프로세스

생태 프로세스는 습지의 역학과 생태적 기능에 영향을 미치는 물리, 화학, 생물학적 상호 작용이다. 이는 많은 생태계서비스를 지지하고 있다. 여기에 언급된 주요 프로세스는 다음과 같이 분류될 수 있다: 수문학, 생물지구화학, 탄소 격리와 저장, 일차 생산과 에너지 흐름.

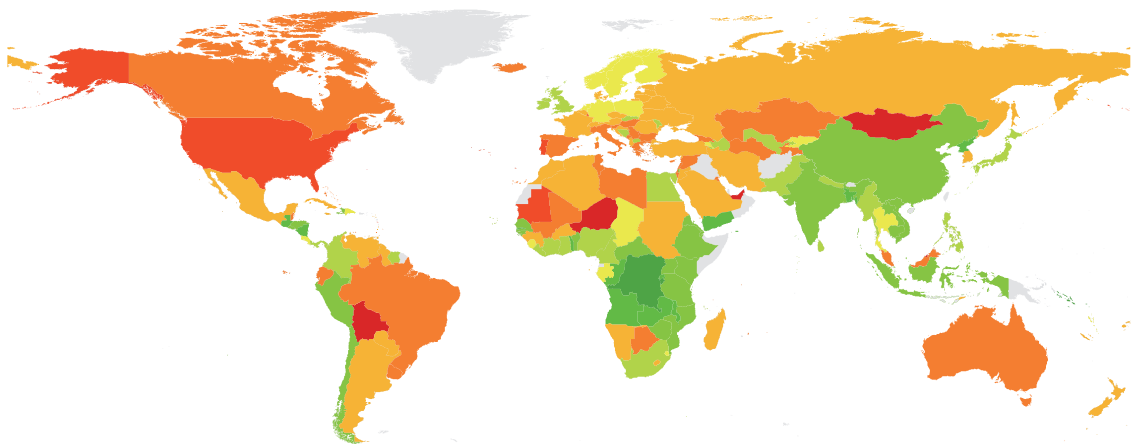
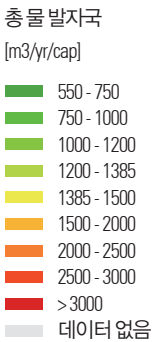
시간에 걸쳐 물을 유입, 저장, 방출하고 생물 부양에 필요한 물을 공급하면서 습지는 물 순환에서 중요한 역할을 수행한다. 수문학은 습지로의 물 유입과 방출 수위, 양, 시점, 빈도를 측정한다. 이는 습지 구조와 기능을 밝히는데 도움을 주며 생물 다양성과 일차 생산에 영향을 미치고 홍수 경감과 수질 개선과 같은 생태계서비스를 만들어 낸다. 물관리와 해수면 상승은 많은 지역에서 확인되는 변화하는 수문학으로 염분과 수위가 상승하고 있는 메콩강 삼각주가 그 예이며 이는 습지 구조와 기능의 변화로 이어진다(Erwin 2009).

물 순환의 변화는 물의 감소 또는 증가, 일시적 또는 계절적 습지의 근영구 습지로의 전환, 물 흐름의 계절적 변동을 통해 습지 프로세스에 영향을 미친다. 지표수와 물 흐름의 계절적 변동에 변화가 나타나고 있으며 콜로라도, 양쯔, 머레이 달링 (Murray-Darling), 나일강을 포함한 많은 강 유역에서 이 변화가 일어나고 있다(Gupta 2007). 미국 일부 지역 (Froend *et al.* 2016) 및 화베이평원 (North China Plain) 과 같은 경우 지하수의 과잉 양수로 인해 노스웨스트 사하라 대수층, 남미 과라니(Guarani) 대수층, 북서 인도 및 중동 대수층에서 습지 물이 고갈되고 있다 (Famiglietti 2014). 자연적 물 수위 변동을 저감 시키는 물관리는 서식지 다양성 (예, 습지 모자이크를 채널화된 시스템으로

변화시킴으로써)와 생물종 존재량 (예, 식물 종자 발아 저감을 감소시킨다 (Voldseth *et al.* 2007; Blann *et al.* 2009).

수문학적 프로세스는 가용한 물자원을 대상으로 한 경쟁을 초래하는 인간의 물수요 증가, 기후변화로 인한 강수량과 증발량의 변화에 영향을 받는다 (Hipsey & Arheimer 2013). 담수 공급은 인구 증가에 따른 소비와 오염으로 인해 증가하는 압박에 놓여 있다 (Postel 2000). 물관리에 대한 정보는 물사용에 대한 지역별 총물 발자국(그림 2.14)으로 나타낼 수 있다. 이는 물공급에 가해지는 누적압박을 측정하는 것으로 "블루" 워터(관개와 가정용으로 사용되는 지표수 및 지하수), "그린" 워터 (작물에 사용되거나 증발에 의해 소실되는 토양에 저장된 우수)와 "그레이" 워터 (오염물 동화에 사용되는 담수에 대한 설명을 담고 있다. 글로벌 물 발자국은 1996-2013년 사이 증가했으며 농업 부문이 이 증가량의 92% (Mekonnen & Hoekstra 2011)를 차지하면서 수문학적 프로세스에 혼란을 야기하고 있다.

**그림 2.14**  
그린, 블루, 그레이 워터에 관한 국가 물 발자국 계정 (National Water Footprint Accounts)을 통해본 글로벌 물 발자국 (Mekonnen & Hoekstra 2011).



# 기능적 습지 생태계를 유지하는 복잡한 생물 지구 화학 프로세스

습지는 그 자체의 수문학적, 토양적 특징에 기반하여 특별한 생물 지구 화학 프로세스를 지탱하고 있다. 포화에 이르게 되면 습지 토양은 영양분 및 그 외 혼합물을 저장하고 변형하여 배출한다. 영양분의 흡수와 잔류로 이어지는 생태 프로세스에는 식물에 의한 흡수와 조직으로의 저장, 미생물 처리 (특히 탄소, 질소, 인), 침전물 퇴적의 물리적 과정이 포함된다. 많은 생물 지구 화학 프로세스는 수질 개선, 특히 농업, 도시 유출수로 부터의 영양분 제거와 같은 생태계서비스의 기반이 된다.

질소는 성장에 필요한 핵심 영양분 (Vitousek *et al.* 1997)이기는 하나 과잉에 이르게 되면 농지나 시가지로부터 유출되어 지하수와 지표수를 오염하게 된다 (Paerl *et al.* 2016; Rabalais *et al.* 2002). 침수 토양에서 질산성 질소는 미생물에 의해 질소 가스로 변환되고 탈질소 과정을 거쳐 대기로 돌아가게 (Groffman *et al.* 2009)되는데 이과정에서 질산염 부하의 최대 90%가 제거된다 (Zedler & Kercher 2005). 탈질소율은 가용한 유기물질과 토양 질산염의 양과 긴밀한 상관관계를 갖는데 두 가지 모두 습지에 풍부히 존재하므로 습지는 탈질소 작용의 “핫 스팟”이 된다 (Groffman *et al.* 2012). 농업 유출수와 관련된 질산염 유출의 증가로 탈질소화가 더욱 요구되고 있다.

(Zedler & Kercher 2005). 질소는 또한 대기 프로세스를 통해 습지에 쌓인다.

인 또한 중요 영양소이며 자연 준위에서 그 영향은 흔히 식물 성장에 국한된다. 인은 많은 경우 용해되지 않고 존재하기 때문에 상당량이 퇴적물에 부착되어 있거나 퇴적물과 같이 이동한다. 농업 활동의 증가로 미네랄 인 비료의 사용이 증가하고 있으며 인은 이후 습지에서 소실된다 (Ockenden *et al.* 2017). 일부는 식물 성장 (Marton *et al.* 2015)을 촉진하는 반면 일부는 바닥에 가라앉아 토양으로 흡수되어 (Kadlec 2008) 이후 부영양화로 이어진다. 기후 변화로 인해 습지의 인 처리 활동이 2050년까지 30%까지 증가할 것으로 예상된다 (Ockenden *et al.* 2017).

영양분은 유기물의 형태 또는 여러 다른 형태로 습지에서 배출된다. 식물의 영양분 흡수와 일시 저장은 유역에서 영양분 이동을 비동기화하는데 있어 도움이 된다. 예를 들어 온대 기후에서는 봄과 여름에 인이 식물에 흡수되었다가 가을에 식물이 죽게 되면 배출되는데 이는 중요한 성장 시기 동안 수질 개선과 부영양화를 저감하는데 도움이 된다 (Mitsch & Gosselink 2015).

# 세계 최대 탄소 저장소인 습지의 메탄 방출

습지는 세계 주요 탄소 저장소이다. 탄소 격리와 저장은 일차 생산의 균형(광합성을 위해 이산화탄소를 흡수하고 유기물을 생산)과 호흡(또는 분해, 유기 물질로부터 이산화탄소와 메탄을 발생)의 결과 일어난다 (Joosten *et al.* 2016). 습지 조건으로 인해 분해 속도가 늦추어 지는데 분해 속도가 식물 생산 속도보다 더디게 되면 탄소는 축적된다. (Moomaw *et al.* 2018). 기후 변화로 인한 온도와 강수의 변화는 이 프로세스의 균형에 변화를 야기하게 되고 습지는 탄소 배출원이 된다. 이탄지는 강력한 탄소 흡수원으로 어떤 다른 생태계보다도 많은 최대량의 탄소를 장기간 저장한다. 토탄은 수천년이 넘는 기간동안 0.5 – 1.0 mm yr<sup>-1</sup>의 속도로 축적되어(Parish *et al.* 2008) 600 PgC (Gorham 1991)을 저장하고 있기 때문에 이탄지는 세계 최대 탄소 저장소 중 하나이다. 이는 대기에 저장되어 있는 양의 4분의 3에 달하며 (Moomaw *et al.* 2018) 이탄지는 지표의 3%만을 차지하고 있기는 하나 세계 산림에 두 배에 달하는 탄소를 저장하고 있다 (Joosten *et al.* 2016).

염습지, 해초지, 맹그로브를 비롯한 연안, 해양 습지 또한 탄소 흡수와 저장에 핵심적인 장소이다. 맹그로브 숲은 세계에서 가장 "탄소 밀집도"가 높은 생태계이다 (Ewers Lewis *et al.* 2018). 이 "블루카본"은 높은 일차 생산과 맹그로브 숲에 퇴적물이 갇히어 쌓이는 현상을 통해 축적되며 이 탄소는 오랜 기간 축적된다(수천년 정도로 추정; McLeod *et al.* 2011).

강 삼각주에서는 이와 같은 프로세스로 인해 습지가 해수면 수위 상승에 맞추어 변화할 수도 있다. 퇴적물 유입이 중단되면 침전물 부족과 삼각주 습지의 침하가 발생할 수 있다 (Giosan *et al.* 2014). 연안 지대에서 인간 간섭의 증가는 습지 토양으로부터의 탄소 유실로 이어진다 (Macreadie *et al.* 2017).

담수 습지의 탄소 저장은 기후 완화 노력을 통해 얻을 수 있는 혜택이기는 하나 잠재적 온실가스인 메탄 배출로 인해 이 혜택은 부분적으로 상쇄되어 버린다. 탄소 순환의 일부로서 습지는 온실가스인 이산화탄소와 메탄을 방출하며 특히 메탄은 메탄 생성 미생물로 알려진 박테리아에 의해 발생된다. 습지는 연간 약 100 Tg 메탄을 생산하는데 이는 전세계 메탄 방출량의 20-25%에 달한다 (Keddy 2010). 방출량의 정도는 습지에 따라 매우 상이하다: 높은 양의 황산염이 메탄 생산을 저해하는 기수 및 염수 습지에서는 방출량이 낮고 (Poffenberger *et al.* 2011), 담수 습지에서는 높다.

기후 변화에 따른 기온 상승으로 습지로부터의 온실 가스 방출은 증가할 것으로 예상되며 특히 지구 온난화로 영구 동토층이 녹으면서 토양 내 수분과 산소가 증가하게 되는 영구 동토 지역에서는 더욱 방출이 늘어 날 것으로 보인다. 이후 뒤따르는 미생물 활동은 상당량의 이산화탄소와/또는 메탄을 생성하게 되고 이는 대기로 방출된다 (Moomaw *et al.* 2018).



© Ramsar Convention

# 생물학적으로 가장 생산성이 높은 생태계 중 하나인 습지

일차 생산은 식물 성장에 필요하며 (광합성 과정에서 탄소가 식물과 조류 내에 고정됨) 모든 동물의 에너지원이다. 이는 또한 많은 습지 생태계서비스의 기초가 되며 높은 수준의 생산성은 많은 인류 공동체를 지탱해 주고 있다 (Bullock & Acreman 2003). 일차 생산성은 습지 유형, 서식 식물종, 기후, 토양, 가용 영양분과 수문학에 따라 상이하다 (Table 2.6; Bedford *et al.* 1999; Ehrenfeld 2003). 높은 속도의 일차 생산은 높은 수준의 동물 다양성을 지탱하는 경향을 보이는데 (Keddy *et al.* 2009) 예를 들어 높은 생산성을 보유한 판타나우 (브라질, 몰리비아, 파라과이에 위치함)는 260종의 어류와 650종의 조류 및 다양한 포유류가 서식하고 있다 (Zedler & Kercher 2005).

일차 생산 변화는 수질 특히 영양 부하 변화에 따라 좌우되는데 이는 농업 유출수 등에 따른 영향을 받는다. 영양분이 풍부해지게 되면 습지는 부들류(*Typha* spp.) 또는 장소에 따라서는 갈대류(*Phragmites* spp.) 와 같은 빠른 성장 속도를 보이는 공격적인 생물종에 의한 침입 타겟이 된다 (Keenan & Lowe 2001).

높은 생산성을 보이는 식물종이 우세를 보이게 되면 습지 기능 사이에 트레이드 오프 현상이 나타나게 되는데 예를 들어 생물 다양성은 일반적으로 줄어드는 반면 습지 토양 내 유기 물질과 탄소 축적은 증가한다 (Craft & Richardson 1993). 플로리다의 에버글레이즈(Everglades)에 지속적으로 인 부하가 증가하게 되면서 토착 식물군 대신 부들이 침입하게 되었고 이후 일차 생산이 증가하였다 (Noe *et al.* 2001). 생물종과 습지 유형에 따라 영향 정도는 다르기는 하나 대기 중 높은 이산화탄소 농도는 식물 성장을 촉진한다 (Erickson *et al.* 2013).

습지는 유기 탄소의 주요 원천으로 허부 먹이 사슬망을 지탱하는 용존 유기 탄소와 잎 찌꺼기를 배출한다 (Elder *et al.* 2000). 유기 탄소는 광선 및 유해한 UV-B 방사선을 약화시켜 (Williamson *et al.* 1999) 양서류 또는 어류 알의 DNA 훼손을 방지하기 때문에 그 중요성이 크다 (Hader *et al.* 2007).

**표 26**  
다양한 습지 유형의  
일차생산,  
유기물 축적 측정.  
(Cronk & Fennessy 2001).  
이탄지 데이터는  
지표 (뿌리) 위와  
아래 생산 포함.

습지 유형	순 일차 생산 g 건조중량 m <sup>2</sup> yr <sup>-1</sup>
염습지	130 – 3700
조간대 습지	780 – 2300
담수 습지	900 – 5500
맹그로브	1270 – 5400
산림 북부 이탄지	260 – 2000
비산림 북부 이탄지	100 – 2000

# 생태계서비스에 중요한 역할을 하는 습지

생태계서비스는 람사르 협약의 생태 특징을 개념화하고 람사르 사이트의 가치 설명하는데 있어 핵심적인 요소이다 (Sharma *et al.* 2015; Wang *et al.* 2015). 습지는 다른 생태계보다 생태계서비스 제공에 있어 중요한 역할을 한다 (Costanza *et al.* 2014; Russi *et al.* 2013). 람사르 전략 계획 (Ramsar Strategic Plan)은 습지 편익을 에너지, 광산, 도시 계획, 관광과 같은 여러 부문의 전략에 포함할 것을 요청하고 있으며 습지 혜택에 대한 인식을 주류화 하도록 독려하고 있다.

가치는 금전적 가치를 비롯하여 미적 가치, 정신적, 토착적 가치의 형태나 정량적 또는 정성적 가치로 표현될 수 있다. 정성적 가치에는 핵심 가치 (예, 생물종의 생존권), 중요 기능 (예, 재난 위험 저감), 또는 선호 (예, 관광 지원) 등이 포함될 수 있으며 여러 측면이 고려되어야 한다.

람사르 전략 계획 (Ramsar Strategic Plan)에 담긴 지표에서는 람사르 사이트의 생태계서비스를 평가하도록 하고 있다.

2018 국가 습지 보고서 (2018 National Reports) 자료를 보면 일부 진전이 있었음을 알 수 있는데 보고한 국가의 24%가 이와 같은 평가를 수행했다. 상자 2.5에 해당 예가 소개되어 있다.

생태계서비스에 대한 가용한 평가와 새천년 생태계 평가 (2005) 내용을 바탕으로 한 습지 생태계서비스의 정성적 분석이 표 2.7에 소개되어 있다. 내륙 습지는 식량, 담수, 섬유, 연료 공급에 있어 단연 중요성을 지닌다. 조절 서비스는 특히 기후, 수문학, 오염 관리, 독성 물질 제거, 자연 재해에 있어 중요하다. 강, 하천, 호수는 정신, 영감, 오락, 교육 서비스 면에서 중요성을 지니며 조절 서비스는 생물 다양성 부양, 토양 생성, 양분 순환을 통해 제공된다. 연안/해양 습지는 다른 패턴을 보이는데 이 경우 식량 공급이 주요 공급 서비스이며 기후관련 조절 서비스 또한 중요하다. 갯벌, 염습지, 맹그로브는 오염 관리, 독성 물질 제거 서비스를 제공하며 산호초는 자연재해 조절 기능을 제공한다.

상자 2.5

## 이츠크울(Ichkeul) 국립공원 생태계서비스

튀니지에 위치한 이츠크울 국립공원 (Ichkeul National Park)은 12,600 헥타르 면적의 호수와 늪을 아우르는 람사르 사이트이다. 수로 전환과 댐 건설로 1990년대에 큰 위협을 받았다. 새로운 관리 전략이 마련되고 습윤년이 몇 년 이어지면서 생태 시스템 붕괴를 피할 수 있었다. 공원은 물새에게 있어 중요하며 현지 및 지역 주민들에게 다양한 생태 서비스를 제공한다. 2015년 산정한 수치에 따르면 생태계 서비스 가치는 연간 3백 2십만 미달러, 헥타르 당 254달러에 달하며 이 가치의 73%는 조절 서비스, 18%는 공급서비스, 9%는 문화서비스에 해당되는 것으로 나타났다. 홍수 예방 (34%), 지하수 재충전 (23%) 퇴적물 유지 (12%)가 가장 높은 가치를 보이는 것으로 나타났으며 그 외 가치는 목초지 (10%), 레크레이션/관광 (9%) 어업 (7%) 순이다.

서비스 가치는 관리 비용의 근 10배에 달한다. 현지 주민에게 돌아가는 혜택 비율은 비교적 낮으나 (11%), 공원 내에 자리하고 있는 가구 당 금액을 보면 연간 약 1,600 미 달러로 무시할 정도의 금액은 아니다. 이 수치는 습지를 유지하기 위해 댐의 물 방류가 필요하다는 것을 설득하고 공원의 가치를 현지 주민들에게 전달하는데 있어 활용될 것이다.

After Daly-Hassen (2017).

# 습지 생태계서비스

**표 27**  
생태계서비스 정리 목록

습지 생태계 유형별 생태계서비스의 비교 중요도 (전문가 견해와 새천년 생태계 평가 보고서2005에 기반). 정보는 글로벌 평균을 보여줌; 지역과 지방 별 중요성에 차이가 있을 수 있으며 중요하다고 간주되고 충분한 정보가 가용한 경우 이외 서비스가 추가될 수 있음.

**H** 고  
**M** 중  
**L** 저  
? 알려지지 않음  
na 해당없음

습지유형 / 서비스	내륙 습지					연안 / 해양 습지							인공 습지					
	하천	호수	이탄지	늪	지하	염습지	맹그로브	해초지	신호초	패류염초	석호	켄프(Kelp)	저수지	늪	습초지	수질정화연못	염전	양어장
<b>공급 서비스</b>																		
식량	H	H	H	H	na	H	H	M	M	M	M	L	M	H	H	L	H	H
담수	H	H	L	M	H	L	na	na	na	na	L	na	M	na	na	L	na	Na
섬유질 & 연료	M	M	H	H	na	L	H	na	na	na	M	na	L	na	na	L	na	L
생화학 제품	L	?	?	L	?	L	L	?	L	?	?	L	?	na	?	?	L	?
유전 물질	L	L	?	?	?	L	L	?	L	?	?	?	L	L	?	?	L	L
<b>조절 서비스</b>																		
기후	L	H	H	H	L	H	H	H	M	L	L	na	M	L	L	na	L	na
수문학	H	H	M	M	L	M	H	na	na	na	M	na	H	M	L	na	na	na
오염 관리	H	M	M	H	M	H	H	L	L	na	M	?	L	L	L		na	na
침식 예방	M	M	M	M	H	M	H	L	M	M	L	L	L	M	M		M	na
자연 재해	M	H	M	H	na	H	H	M	H	M	M	L	L	L	L	na	M	na
<b>문화 서비스</b>																		
정신&영감	M	H	M	M	L	?	L	?	H	na	M	na	M	L	L	na	M	na
레크레이션	H	H	L	M	L	?	?	?	H	na	M		H	L	L	na	L	na
미학	M	M	L	M	L	M	M	na	H	na	M	na	H	M	M	na	M	na
교육	H	H	M	M	L	L	L	L	L	L	L	L	H	L	L	L	M	L
<b>부양 서비스</b>																		
생물 다양성	H	H	H	H	H	M	M	L	H	M	M	L	M	M	M	L	M	L
토양 생성	H	L	H	H	na	M	M	na	Na	na	na	na	L	M	L	L	L	na
양분 순환	H	L	H	H	L	M	M	L	M	na	M	L	L	M	L	H	L	L
수분	L	L	L	L	na	L	M	M	Na	na	?	?	L	L	M	L	L	na

# 습지가 제공하는 생태계서비스 유형

## 물

습지는 가정, 관개, 산업에 필요한 담수 제공에 있어 중요 역할을 수행한다. 강과 대수층으로부터 사용할 수 있는 글로벌 재생 가능한 물 자원은 연간 총 ~42,000 km<sup>3</sup>이며 이중 연간 3,900 km<sup>3</sup>은 인간 사용 용도로 취수 된다 (FAO 2011). 농업은 물 취수의 70%, 산업은 9%, 도시 부문은 11%를 차지한다. 전세계 관개 농업 지대는 50년 동안 2배로 증가했다. 유럽은 물 자원의 6% (농업 용도 29%), 아시아는 20% (관개 용도 80%)를 취수하며 중동, 중앙 아시아, 북아프리카는 관개 용도로 80-90%를 취수한다 (FAO 2011). 지하수 수요는 가파르게 상승하고 있는데 특히 관개 농업의 40%를 지하수에만 의존하거나 지표수와 혼용해서 사용하는 남아시아의 경우 수요가 높다 (FAO 2011). 인간이 취수하는 물의 약 60%는 현지 수문 계통으로 다시 흘러 들어 가는 것으로 예상되며 나머지는 소비적 용도로 사용된다 (FAO 2011). 부의 정도가 상이하더라도 물 서비스에 미치는 영향은 국가간 유사한 것으로 나타난다 (Dodds *et al.* 2013).

## 식량

습지는 다양한 종류의 식량을 제공한다. 내수면 어업은 대규모 산업 어업에서부터 생계 어업까지 아우르는데 내수면 어업의 세계 연간 어획량은 1950년 이백만 톤에서 2012년 1천1백6십만 톤으로 증가했으며 소규모 생계 어업을 포함하면 이 수치는 더 높을 것으로 보인다(FAO 2014). Bartley *et al.* (2015) 보고에 따르면 내수면 어업 어획의 95%가 개도국에서 일어났는데 이는 해당 지역에서 필수적인 영양 공급원으로서의 역할을 수행하고 있다. 그러나 전세계 어획량에서 차지하는 비율은 6%에 그친다. 하구 및 연안 어업은 산업화 이래 33% 감소했으며 어류 성육 서식지 (예 굴암초, 해초지, 그 외 습지)는 69% 감소했다 (Barbier *et al.* 2011; Worm *et al.* 2006). 전세계 수산양식은 1950년 1백만 톤에서 2008년 5천 2백 5십만 톤으로 증가하면서 세계 식용 물고기 생산에 45.7%를 차지하고 있다. 논은 점차 수산양식으로 사용되고 있다 (Edwards 2014). 수산양식은 아시아에서 가장 흔하게 이루어지며 (특히 중국) 유럽과 아프리카에서도 상당량 이루어지고 있으나 미대륙에서는 비교적 낮은 정도로 행해진다 (FAO 2011). 습지는 관개 작물의 재배지이기도 하며 물새 사냥 및 그 외 수렵 활동지로서의 역할을 수행한다.

## 물 조절

습지는 물을 저장, 방류, 교환하며 국가 홍수 관리와 같은 정책에 영향을 미친다 (의회 산하 과학 기술 평가 기구 2011). 하도 및 범람지와 대규모로 연결된 습지는 유역 수문학에서 중요한 역할을 수행하며 “지리적으로 고립된” 많은 습지의 경우는 그 용수 저장량이 하천 유량에 영향을 미치지 때문에 (Golden *et al.* 2016) 수문학에서 중요한 역할을 한다 (Marton *et al.* 2015). 완전한 기능을 발휘하는 습지는 재난 위험을 경감할 수 있다 (Zedler & Kercher 2005). 미국 매사추세츠의 찰스강이 실질적인 사례로 3,800헥타르의 습지보전을 통해 연간 약 1천7백만 달러의 홍수 피해를 저감한 것으로 추산된다. 역으로 습지 소실은 홍수 및 태풍 피해를 증가시킬 수 있다 (Barbier *et al.* 2011). 습지를 대체 용도로 전환하는 것보다 습지 서비스를 유지하는 것이 일반적으로 더욱 경제적이라는 것에 대한 이해가 점차 높아지고 있다 (Garcia-Moreno *et al.* 2015).

## 그 외 자연 재해

습지는 다른 유형의 자연 재해 조절에도 중요한 역할을 수행한다. 수분을 머금은 습지 서식지는 토양 염류 축적과 산불 확산 방지에 기여하며 자연적 또는 인류발생적 압력에 대한 제동 장치 역할을 수행한다. 극한 현상의 발생을 조절하는 다양한 요인간의 관계는 복잡하며 일반적으로 이에 대한 이해는 부족하다 (de Guenni *et al.* 2005).

## 기후 조절

습지의 탄소 저장과 격리는 글로벌 기후 조절에 중요한 역할을 수행한다. 담수 습지는 최대 규모의 자연 메탄 배출원이기는 하나 이탄지와 식생이 자리하고 있는 연안 습지는 전세계 산림에 비견되는 다량의 탄소를 흡수, 격리하고 있다 (Moomaw *et al.* 2018). 깊은 열대 우림 댐은 수력 발전을 통해 달성한 저탄소 혜택을 상쇄하거나 이를 초과하는 양의 메탄을 발생하고 있는 반면 (Lima *et al.* 2008) 염습지는 연간 수백만 톤의 탄소를 격리하고 있다 (Barbier *et al.* 2011). 습지의 자연 프로세스는 메탄 배출의 25-30%를 차지하며 생태계로부터 발생하는 아산화 질소 배출의 90%를 차지하고 있다 (House *et al.* 2005).



© Darlene Peart Ofong

습지는 도시 환경에서의 “열섬” 현상과 같은 미세 기후 조절 기능을 수행한다(Grant 2012).

### 문화 유산

습지와 그 외 생태계의 자연 기능에는 지역적 정체성을 포함한 문화, 정신적으로 중요한 기능이 포함되어 있다. 히말라야산맥의 신성한 호수와 같은 자연 기능(WWF 2009)과 아시아와 아프리카의 1억에 달하는 가구의 주요 소득원이 되고 있는 논과 같은 인공 기능 모두를 포함한다(Umadevi *et al.* 2012). 문화유산은 호주 원주민 퍼스트피플(First people)의 사례에서 처럼(환경부 2016) 습지 자원의 특징, 사회적 의미, 습지 자원 관리에 대한 전통 지식 등을 포함한다.

### 레크레이션 및 관광

자연 습지나 변형된 습지 모두 레크레이션 기회와 관광 편익을 제공한다. 산호초에서의 스쿠버 다이빙은 산호초 보호에 대한 이유가 되기도 하지만 생태계에 잠재적 부담을 주기도 한다(Barker & Roberts 2004). 2002년 하와이에 자리한 약 100여개의 다이빙 운영사는 연간 5-6천만 달러의 수입을 올렸다(van Beukering & Cesar 2004). 필리핀의 보홀 마린 트라이앵글(Bohol Marine Triangle)은 산호초 다이빙으로 연간 총 10,500 – 45,540 달러의 수입을 올렸다(Samonte-Tan *et al.* 2007). 호주 그레이트 배리어 리프 관광 가치는 연간 52억 호주 달러를 넘어서고 있다(Goldberg *et al.* 2016). 최근에는 산호 백화 현상으로 관광 수입에 상당한 손실이 발생한 것으로 확인되고 있다(Barbier *et al.* 2011).

# 육상 서비스 가치를 초월하는 습지 생태계 서비스

습지 생태계서비스 관련 보고서 (예, Brander *et al.* 2006; Brouwer *et al.* 1999; Ghermandi *et al.* 2010)를 보면 각기 다른 특징을 가진 습지간 추정 가치는 크게 상이하다. De Groot *et al.* (2012)은 458개의 가치추정치에 기반하여 습지 생태계 서비스의 평균 총 경제 가치 (Total Economic Value (TEV)) 를 제공했는데 (2007 Int\$/ha/year) 외해 490; 산호초 350,000; 연안 시스템 (해변 포함) 29,000; 연안 습지 (맹그로브 포함) 190,000; 내륙 습지 25,000; 강과 호수 4,300 이다. 습지는 육상 생태계를 크게 초월하는 가치를 보였다; 예를 들어 내륙 습지는 가장 높은 가치를 가진 육상 서식지인 열대 산림에 비해 거의 다섯 배 높은 TEV를 보였다.

이 분석에 따른 추정 손실액은 감조 습지(tidal marshes)와 맹그로브의 경우 7조 2천억 미달러, 소택지와 범람원은 2조 7천억 미달러, 산호초는 11조 9천억 미달러였다.

여러 연구에서 특정 습지의 생태계서비스를 조사했으나 추이를 보여주는 연구는 거의 없다. 뉴질랜드는 20년 이상에 걸쳐 습지 생태계서비스의 변화 추이를 추적한 사례를 제공하고 있는데 서비스의 중요도 정도와 하락 추이 관련 정보를 담고 있다 (그림 2.15). 다른 습지에 대한 자료가 부재하기 때문에 습지의 면적과 상황이 악화되면 생태계 서비스 또한 악화된다는 정도의 결론이 합리적일 것이다.

Costanza *et al.* (2014)은 1997-2011년 기간 동안 습지를 포함한 바이오 매스의 변화에 기인한 생태계서비스 손실을 분석했다.

그림 2.15

20년에 이상의 기간에 걸친 뉴질랜드 수중 생태계의 생태계서비스 추이 (Dymond *et al.* 2014 데이터 가공)

서비스제공의 중요성

- 높음
- 중간 높음
- 중간 낮음
- 낮음

지난 20년 이상 기간 동안의 추이

- ↑ 개선
- ↗ 일부 개선
- ↔ 순변화 없음
- ↘ 일부 악화
- ↓ 악화
- +/- 다른 장소에서의 개선 그리고/또는 악화

생태계 서비스	습지	하구	호수	강	해양
<b>공급</b>					
작물					
축산					
어업	↘	↔	↔	↔	↔
수산양식				↗	↗
야생식량	+/-	+/-	+/-	+/-	
목재					
섬유질	↘				
바이오매스 연료					
열 에너지					
담수	↔		↔	+/-	
유전자원	↘	↔	↔	↘	↔
생화학, 천연약물, 제약품					
광물					↗
정주를 위한 물리적 지원					
<b>조절</b>					
대기 조절					
기후 조절	↔	↔	↔	↔	↘
물 조절	↔			↘	
침식 조절					
물정화 및 폐수 처리	↘			↘	
질병 조절					
해충 조절	↘	↔	↘	↘	↔
수분					
자연재해 완화					
<b>문화</b>					
생활 편의 가치	↘	↘	↘	+/-	+/-
레크레이션	↔	↔	↘	↔	↔
관광	↔	↔	↔	↔	↔
소속감		↔	↔	↔	↔
<b>부양</b>					
토양 생성 및 보유					
잡초와 해충이 없는 서식지 제공	↘	↘	↔	↘	↘



© Sue Stratton

이 문제는 거의 모든 세계 담수 자원이 어느 정도 훼손되었으며 전 세계 인구의 82%는 상류 담수 공급과 관련한 위협에 노출되어 있다고 지적한 Green *et al.* (2015)에 의해 부각되었다. Ricaurte *et al.* (2017)는 콜롬비아 국가 분석에서 습지 유형과 생태계 서비스에 따라 취약 정도가 서로 크게 상이하며 범람원 숲,

하안 습지(riparian wetlands), 담수호와 강이 가장 취약하다는 사실을 발견했다. 이들은 습지 서비스를 유지하기 위해서는 습지에 유해한 활동을 제한하는 토지 활용 정책이 필요하다고 권고했다.

상자 26

**해초지 복원을 위한 영양분 오염 저감**

오늘날의 습지는 많은 도전에 직면해 있으나 습지 생태계는 또한 회복 탄력성을 가지고 있기 때문에 습지에 가해지는 부담을 줄이고 효과적인 관리 방법을 도입한다면 일부 문제는 중단시키거나 되돌릴 수 있다.

미국 플로리다에서는 연방법에 의해 마련된 탐파만 하구 프로그램 (Tampa Bay Estuary Program (TBEP))을 통해 해초지를 1950년 수준으로 성공적으로 복원했다. TBEP을 실행하면서 가장 낮은 영양분 오염을 보이는 건강한 해초지가 외해역에 자리하고 있다는 것을 확인하였으며 이는 상류 토지 관리에 따른 결과라는 것을 알게 되었다. 질소는 하구에 유입되는 가장 유해한 영양분이다.

연방 정부가 탐파만 지역에 질소 사용 제한을 승인한 후 TBEP의 자발적 임시 민간 파트너십인 탐파만 질소 관리 협의체 (Tampa Bay Nitrogen Management Consortium (NMC))를 통해 공정하고 평등한 질소 부하 할당을 실행했다. 이를

통해 질소 비점 오염원과 점 오염원을 감소시킬 수 있었다. 공공 폐수 처리 시설, 전력 발전소, 항만, 인산염 시설과 같은 주요 점 오염 배출 기관들이 협의체에 참여했다. NMC에는 비점원 영양분 오염에 책임이 있는 토지 사용 활동을 규제하는 지방 정부도 포함되었다. 지방정부는 우기 동안 비료 판매나 사용을 금지했으며 연안 지대 개발을 규제했다.

1995년에 설정한 복원 목표인 15,400 헥타르를 초과하는 16,306 헥타르의 해초지가 2015년에 탐파만에 형성되었다.

출처: Sherwood (2016)



### 3. 변화의 동인(DRIVERS)

변화 동인에는 다음 세가지가 있다.

습지에 생물물리화학적 변화를 일으키는 직접 동인 (토지 사용 변화, 오염 등), 간접 동인(간접동인을 이끌어 내는 사회 프로세스) 그리고 여러 간접 동인 배후에 있는 글로벌 메가트렌드이다.

현명한 이용을 위한 효과적인 정책과 관리를 위해서는 습지에 일어나는 변화의 동인을 잘 이해할 필요가 있으며 이를 통해 습지 소실과 훼손의 근본원인에 대처할 수 있다.

현지 및 국가, 지역 차원에서의 효과적인 거버넌스는 습지 소실과 훼손을 예방하고 중단하며 되돌릴 수 있는 주요 요소이다.

# 습지에 영향을 미치는 직간접 동인

람사르에서 직접 동인은 현지에서 지역에 이르기까지 다양한 규모에서 발생하는 자연적 또는 인간에 의한 생물 물리학적 변화를 지칭한다 (Van Asselen *et al.* 2013). 간접 동인은 많은 경우 직접 동인에 영향을 미치면서 좀더 광범위하고 확산된 효과를 가지고 많은 경우 제도, 사회경제, 인구 통계학적, 문화적 프로세스와 연관되어 있다. 일부 글로벌 메가트렌드도 습지에 영향을 미친다. (그림3.1).

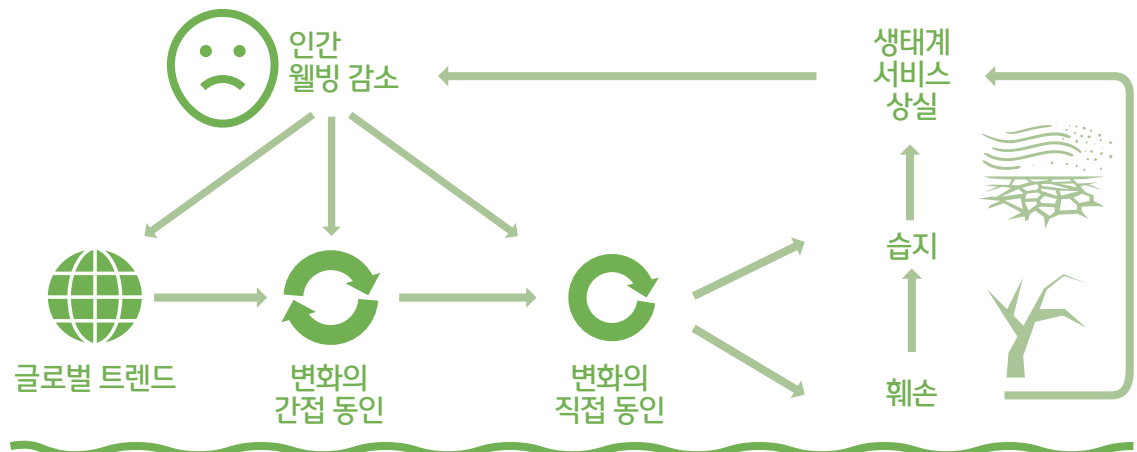
변화의 자연적 동인에는 일사량, 날씨 변동, 지진, 화산 분출, 해충, 질병, 자연적 홍수 사이클과 생태적 천이와 같은 프로세스 등이 포함된다. 인간에 의한 동인에는 토지 이용 변화, 기후 변화, 해수면 상승, 물 추출, 생물종의 도입과 제거, 자원 소모, 외부 투입 (예, 비료)등이 포함된다. 기후 변동은 자연적 동인인 반면 인간에 의해 야기된 기후 변화는 대기의 온실 가스 증가와 연관되어 있다. 기후 변화는 또한 글로벌 메가트렌드이기도 한다.

동인은 부정적 긍정적 영향을 모두 가질 수 있다. 여기에서는 습지의 생태적 특성에 부정적인 영향을 미치는 동인들에 주목하고 있다. 이와 같은 부정적 동인들은 생물다양성, 서식지 질, 생태계서비스, 문화 가치 ("훼손")의 저하 또는 서식지 유형 또는 물리 화학적 특성의 변이 ("소실")와 관련되어 있다. 가장 긍정적인 동인은 변화를 완화하기 위한 인류의 대응이다 (예, 보전 관리 또는 침입종 관리).

간접 동인들이 습지의 소실과 훼손에 영향을 미치는 경로가 복잡하기 때문에 정확한 이해는 어렵다. 다양한 동인 간의 상호 작용이 다양한 규모로 일어나고 (Craig *et al.* 2017) 이는 지역적 차이로 이어질 수 있다 (Ward *et al.* 2016). 예를 들어 기후 변화는 생물 물리학적 변화를 야기하는 변화의 직접적인 동인으로 온도, 수위, 수분주기에 영향을 미칠 수 있으며 (Renton *et al.* 2015) 침입종과 같은 다른 동인과 결합될 수도 있다 (Oliver & Morecroft 2014). 기후 변화는 또한 간접 동인일 수도 있다; 예를 들어 완화 노력에는 바이오 연료 생산과 수력 발전이 포함될 수 있는데 이는 습지에 가하는 스트레스를 증가시킬 수 있다.

자연습지의 전환은 직접 또는 간접적으로 인공 습지의 생성으로 이어질 수 있다 (Davidson 2014 and Table 2.3). 일부 인공 습지는 수백년에 걸쳐 발달하여 경관의 일부가 되어 자연 습지가 가진 많은 생태 기능을 수행한다. 그러나 자연습지에 영향을 미치는 많은 변화의 직접 동인(물 공급의 변화, 식생 피복 제거, 생물종 또는 영양분 유입)이 인공 습지의 경우는 관리 계획의 일부분으로 자리하고 있다. 인공 습지가 중요하기는 하지만 이는 우리의 연구 범위를 크게 넘어서는 부분이며 이에 대해서는 별도의 평가가 필요하다. 비슷한 이유에서 훼손된 습지의 경우 긍정적인 동인이 될 수 있는 습지 복원 (예, Sievers *et al.* 2017)의 사례도 여기서는 다루지 않는다.

**그림 3.1**  
습지 소실, 훼손과 생태서비스 상실 간의 관계 및 변화의 직간접 동인을 보여주는 단순 도식도 (새천년 생태계 평가 보고서, TEEB, IPBES의 전문용어를 반영한 좀더 세부적인 개념도는 Díaz *et al.* (2015)에 있는 IPBES 개념도 참조.



# 직접 동인에 포함되는 물리적 특징 변화

새천년 생태계 평가 보고서 (Millennium Ecosystem Assessment (MEA 2005))는 습지에 미치는 직접적인 동인을 분석했다. 람사르 습지 유형 분석을 업데이트 하기 위해 이 보고서 및 다른 연구를 활용하기로 한다. 네 가지 범주인 **물리적 체계, 추출, 유입, 구조적 변화** 동인을 고려하였다.

**물리적 체계** 동인은 유량의 질과 빈도, 퇴적물 부하, 염도, 온도와 관련이 있으며 이러한 상태와 패턴의 변이는 인간에 의해 달라질 수 있다.

오랜 기간 동안 지속적으로 또는 영구적으로 **물 추출**, 차단, 강 줄기 변경이 발생하는 경우 내륙 습지의 생태적 특징이 훼손된다; 아랄해(Aral Sea)와 차드호수(Lake Chad)는 그 극단적인 예이다. 모든 습지는 물 소실이 발생하는 경우 훼손 가능성이 높음(Acreman *et al.* 2007) 반면 연안 습지는 해수면 상승과 담수 추출에 민감히 반응한다(White & Kaplan 2017).

**댐 건설**은 1990년대 중반까지 모든 람사르 지역에서 증가했다. 전 세계 292개의 대규모 강 수계 중 (Nilsson *et al.* 2005) 단지 120개만이 아직까지는 자유 곡류 하천이며 이중 25개는 현재 진행 중이거나 앞으로 계획된 댐 건설로 인해 파편화되게 된다 (Zarfl *et al.* 2014). 최근 수력 발전이 새로운 관심을 받고 있는데 이는 부분적으로는 화석 연료로부터 발생하는 탄소 배출을 저감하기 위한 노력의 일환이다. 그러나, 토지 개간과 저수지로부터 발생하는 메탄 때문에 수력발전이 항상 탄소 제로를 보장하는 것은 아니다 (Mäkinen & Kahn 2010). 댐은 또한 수자원과 생물 다양성,

생태서비스에 부정적인 영향을 미칠 수 있다 (Maavara *et al.* 2017; Winemiller *et al.* 2016).

산림 파괴로 인한 침식과 토지 이용 변화로 인해 습지로의 **퇴적물 이동**이 증가할 수 있다. 이는 해안 서식지를 변형시키고 탁도를 증가시키면서 호수의 특징을 변화시킬 수 있다. 이것이 빅토리아호에서 시클리드(cichlid) 어류가 감소한 요인으로 여겨진다 (Harrison & Stiassny 1999). 이는 또한 해초지와 켈프 숲(Steneck *et al.* 2002), 맹그로브와 산호초 (Fabricius 2005)를 훼손하며 연안 생태계를 저하시킨다 (Hanley *et al.* 2014). 퇴적물은 저수지의 수명을 단축시키고 수력 발전 프로젝트에 부정적인 영향을 미친다 (Stickler *et al.* 2013). 반대로, 연안 습지와 삼각주로의 퇴적물 공급은 댐과 제방 건설로 인해 줄어들 수 있는데 이는 영양분 공급을 감소시키고 생산성 감소로 이어진다.

담수 추출 또는 염수 침투로 인한 **염류 집적 작용** (Herbert *et al.* 2015)은 산림 습지에서부터 내륙 습지, 하구, 맹그로브에 이르기까지 많은 생태계에 영향을 미친다 (White & Kaplan 2017).

마지막으로 **평균 해양 온도**는 지난 60년에 걸쳐 서서히 상승해 왔으며 이는 천해, 해초지 (de Fouw *et al.* 2016)와 켈프 숲 (Provost *et al.* 2017)에 영향을 미쳤다. 최대 해수 온도의 상승 정도와/또는 기간 확대로 산호초의 백화와 훼손이 초래되었다 (Baker *et al.* 2008).



© Equilibrium Research

# 습지로부터의 물, 생물, 토양 추출

농업, 가정, 산업 용도로 사용하기 위해 유역이나 **내륙 습지에서 물을 추출**한다. 인간이 사용하기 위해 추출하는 물 중 농업이 현재는 70%를 차지하고 있으나 도시, 산업, 에너지 사용의 증가로 인해 이 비율은 21세기 중반 정도에는 50% 이하로 떨어질 것으로 예상된다(WWAP 2016). 또 다른 영향을 보자면 담수 추출은 하구 하류에 염분 증가로 이어지면서 연안 식생의 감소를 야기할 수 있으며(Herbert *et al.* 2015) 지하수에 영향을 미칠 수 있다(Richey *et al.* 2015).

호수, 강, 저수지, 범람원으로부터의 **글로벌 어획량은 증가**하고 있으며 아시아와 아프리카에서는 더욱 그렇다. 이들 지역에서 내륙, 연안 어업은 식량과 생계에 중요한 반면 온대 지역과 전환 경제에서는 오락적 가치가 더욱 중요하다(McIntyre *et al.* 2016). 어업은 반드시 해로운 것은 아니지만 남획과 폭발물이나 독극물 또는 모기장과 같은 유해한 어업 방식을 사용하거나(Bush *et al.* 2017) 외래종이 유입되는 경우 개체군과 생물 다양성을 감소시키고 영양 구조를 변화시킬 수 있으며 산호초 훼손으로도 이어질 수 있다(Welcomme *et al.* 2010).

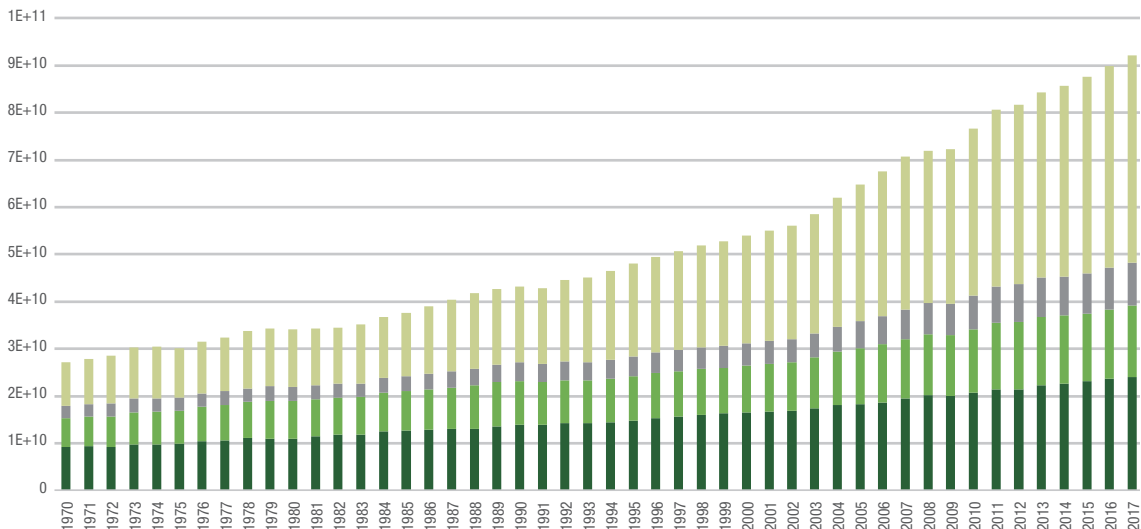
연안 습지로부터의 과도한 조개 채집은 복미와 호주의 사례에서 보듯이 굴 암초의 파괴로 이어졌다(Kirby 2004). 수족관 무역을 위한 어업은 산호초 질을 떨어뜨릴 수 있다(Dee *et al.* 2014).

습지 숲이나 맹그로브에서 목재나 숲을 확보하기 위해 벌이는 **집중적 나무 벌목**은 생태 특성에 주요한 변화를 야기할 수 있다(Walters 2005). 산호 채취는 산호초 훼손과 소실로 이어질 수 있다(Tsounis *et al.* 2007). 이탄지는 보르네오의 사례에서 볼 수 있듯이 토탄 채굴과 배수, 벌목에 취약하다(Miettinen *et al.* 2013). 많은 담수 습지의 토양은 벽돌을 만드는데 사용되고 있다(Santhosh *et al.* 2013).

강과 해안으로부터의 **모래와 자갈** 채굴은 도시 개발과 관련되어 있으며 현재 총 채굴량은 화석 연료와 바이오매스를 초과하고 있다(그림 3.2 Schandl *et al.* 2016참조). 모래 채굴은 저서 생물 서식지를 교란, 훼손하며 부유 침전물로 인해 수질에 영향을 미치고 여러가지 생태적 영향을 가진다. 이 자원의 경우 자연적으로 노출되어 있기 때문에 규제하기 어렵고 불법 채굴이 증가하고 있다(Torres *et al.* 2017).

**그림 32**  
글로벌 물질 흐름과 자원 생산성.  
주: 비금속 광물에는 토지 간척을 위한 모래, 자갈이 포함됨.  
출처: Schandl *et al.* (2016).  
글로벌 물질 흐름과 자원 생산성.  
UNEP의 UNEP 국제 자원 자문단 평가 보고서.

- 월드 바이오매스 DE 톤
- 월드 화석 연료 DE 톤
- 월드 금속 철광석 DE 톤
- 월드 비철금속 DE 톤



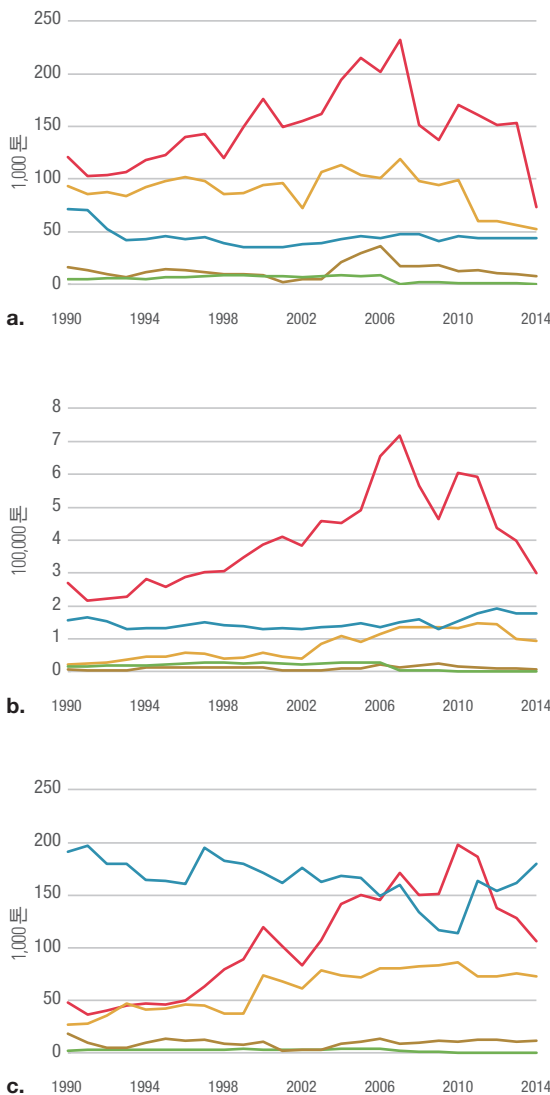
# 습지 훼손을 야기하는 오염물과 외래종

유입 동인에는 영양분, 화학, 고형 폐기물, 대기 침적, 비토착종 등이 포함된다.

하수와 산업 폐기물, 농업 수산 양식으로 인해 유입되는 **과도한 영양분**은 생물다양성, 수질, 바이오매스, 산소 수준을 변화시키며 부영양화를 야기한다. 세계적으로 비료 사용은 2018년 연간 2억톤을 초과할 것으로 보이며 이는 2008년과 비교하여 약 25% 높은 수치이다 (FAO 2015; 그림 3.3). 대기 질소 침적은 수생 시스템에 영향을 미치며 빠른 경제 성장을 보이는 곳에서는 급속히 증가하고 있다 (Liu *et al.* 2011). 부영양화는 조류와 타식물 성장을 가속화시킨다; 식물이 죽어 분해가 일어나면 이과정에서 물 속 산소 농도가 줄어든다.

**그림 3.3**  
1990-2014년  
농약 사용 추이.  
a. 살충제  
b. 제초제  
c. 살진균제 및 항균제  
출처: FAO (2016).  
FAOSTAT 투입재/  
살충제 사용.  
<http://www.fao.org/faostat/en/#data/RP>

지역  
— 아프리카  
— 미대륙  
— 아시아  
— 유럽  
— 오세아니아



이는 많은 습지에 영향을 미친다 (Smith *et al.* 2006); 예를 들어 사이아노 박테리아가 호수에 퍼지게 되는데 (Paerl & Otten 2013) 이를 통해 연안 생태계의 저산소 현상 (산소 공핍 현상)이 증가한다 (Rabalais *et al.* 2010); 500개가 넘는 연안 “데드 존”이 있는 것으로 알려져 있다 (UNEP 2014a). 산호초는 퇴적물 또는 영양분 증가로 인해 영향을 받으며 많은 경우 농업 또는 도시/항만 기반 시설로부터 영향을 받는다 (Wenger *et al.* 2015).

**해양 도시 쓰레기**는 습지를 훼손한다 (Poeta *et al.* 2014). 약 4백 8십만에서 1천 2백 7십만 메트릭톤의 플라스틱이 2010년 해양 환경으로 유입된 것으로 추정된다 (Jambeck *et al.* 2015); 이는 전체 해양 쓰레기의 60-80%를 차지한다. 물리적 영향 외에도 플라스틱과 관련한 화학물의 독물학적인 영향이 있다 (Beaman *et al.* 2016). 산업, 농업, 가정 활동을 통해 살충제와 같은 오염물이 배출되고 이는 생물다양성, 개체 및 생산성의 저하로 이어진다 (Zhang *et al.* 2011).

**침입 종의 유입**은 보츠와나(Botswana) 오카방고(Okavango)의 크레이 피쉬 사례에서 볼 수 있듯이 영양 구조와 에너지 흐름, 종 구성을 훼손한다 (Nunes *et al.* 2016). 정착한 외래 담수종의 수가 증가되어 왔는데 예를 들어 유럽의 경우 지난 60년 동안 지속적인 증가를 보였다 (Nunes *et al.* 2015). 습지는 퇴적물, 영양분 그리고 물이 어우러져 상태를 만들어 내기 때문에 침입에 취약하고 -때로는 교란에 의해 상황은 더욱 악화된다- 기회종이 번성한다 (Zedler & Kercher 2004). 전세계 많은 호수가 남미의 토착종인 부레옥잠(*Eichornia crassipes*)의 침입을 겪고 있다. 동아프리카의 빅토리아호 경우 다양한 동인이 영향을 미쳤는데 부영양화, 퇴적 작용, 수위 변동과 더불어 나일 퍼치(*Lates niloticus*)가 유입되면서 급격한 생태계 변화가 일어났다 (Kiwango & Wolanski 2008).

얕은 바다, 해초지, 켈프 숲에서 **유입 생물군** 또는 현지종의 변화가 발생하는 경우 생태계 저하로 이어질 수 있다(예, 우르친 바렌이라 불림). 해양 생태계에서는 외래종 수가 증가되어왔다; 유럽 발트해에서 140개의 비 토착종이 기록되었으며 이 중 14개종은 2011-2016년에 유입되었다 (HELCOM 2017).

# 직접 동인에 포함되는 서식지 구조 변화

**구조적 변화**는 배수, 습지 식생의 전환 또는 연소 등을 통해 습지 및 그 주변 환경의 생태적 특징을 변화시키며 이는 종종 습지 소실로 이어진다.

수로 작업, 범람, 퇴적물 축적은 강, 하천, 범람지에서 흔히 일어난다. 조림, 농업 또는 주거지, 매립, 과도한 퇴적은 산림 습지의 중요 훼손 동인이다. 많은 늪이 물리적 배수와 퇴적, 농업, 주거지로의 전환으로 위협 받고 있으며 스페인의 도냐나(Doñana) 국립공원과 세계 유산 지역과 같은 일부 상징적인 습지에서도 이와 같은 문제가 발생하고 있다(Zorrilla-Miras *et al.* 2014). 담수 이탄지는 온대와 열대 지역에서 모두(Urák *et al.* 2017) 농업 지대로 전환되고 있으며 오일팜과 같은 작물은 특히 큰 압력 요인이다(Koh *et al.* 2011).

이는 이탄지를 직접적으로 훼손할 수 있고 배수, 퇴적, 범람, 또는 과도한 빈도와 강도의 산물로 인해 간접적으로 파괴할 수도 있다(Turetsky *et al.* 2015). 말레이시아, 수마트라, 칼리만탄 반도에서의 연구를 보면 이탄 늪 산림으로 덮힌 이탄지대의 비율이 1990년 76%에서 2007년 41%, 2015년 29%로 감소했다(Miettinen *et al.* 2016).

연안 습지 또한 대규모로 전환되고 있다. 갯벌과 염습지, 석호에서의 배수 또는 제빈도(barrier island)의 과도한 개방(bar opening)은 생태 특성에 영향을 미칠 수 있으며 많은 경우 토지 매립은 생태계를 파괴하거나 심각하게 저하시킬 수 있다(Murray *et al.* 2015). 농업 또는 수산 양식을 위한 전환은 맹그로브 소실(Thomas *et al.* 2017)의 주요 동인이며 특히 동남아시아의 경우 더욱 상황이 중대하다(Richards & Friess 2016).



© Gabriel Mejia

# 습지 변화의 직접 동인

표 3.1은 람사르 분류에 따른 모든 주요 습지 유형을 지구 습지 전망 (Global Wetland Outlook)의 본문과 같이 분류하여 습지에서 일어나는 인류발생적 변화에 대한 직접 요인과 그 중대성을 체계적으로 분석 정리하고 있다.

이는 또한 상당한 생태 특성 변화를 일으키거나 또는 습지 파괴를 야기하는 것으로 알려진 동인을 규명하고 있다. 이는 정성적 평가로 전문가 지식에 기반하고 있으며 다양한 범주와 장소에 걸쳐 영향을 미치는 동인을 보여준다. 동인의 중요성 정도는 개별적 맥락 또는 특별한 현지 특성에 따라 각기 다를 수 있다.

**표 3.1**  
습지 유형 별  
변화에 대한 인류발생적  
직접 동인

각 습지 유형에 대한  
동인

- 글로벌 분포에 영향을 미치는 주요 변화 동인/중요성
- 지역부터 글로벌에 걸쳐 분포에 영향을 미치는 주요 변화 동인/중요성
- 현지 또는 알려지지 않은 범위에서 영향을 미치는 그 외 알려진 변화의 주요 동인
- 습지 파괴를 야기한다고 알려진 동인

		물리적 체계					추출			유입			구조적 변화			
		관개	농업/목축	퇴적물	농업	농업	채취	다목적	단기 이용	과잉영양	방목	침수	고형 폐기물	배수	전환	연소
내륙	강, 하천, 범람지	○	■	■	■	○			■	■	■			○		
	호수	○	■	■	■	○	■	■	■	■	■			○		
	산림 습지	○	○	■	■	○	○	■	■	■	■			○	○	○
	이탄지	■	■			○	○	○	■	■	■			○	○	○
	늪 (광질 토양 위에 자리)	○	■		■	○	○	○	■	■	■			○	○	■
	지하 습지	■	■	■		○	○	○	■	■	■			○	○	○
연안	하구, 갯벌, 염습지, 석호	○	■	■	■	○	○	■	■	■	■			○		
	맹그로브	○	■	■	■	○	○	■	■	■	■			○		
	리프(reef) 시스템 (산호, 패조류 & 온대 포함)			○		○		■	■	■	○					
	사구, 암석해안, 해변		■	○				■	■	■	■			○		
	천해, 해초지, 켈프, 산림		■	■	○	■		■	○	○	○					

# 직접 동인에 영향을 미침으로써 습지에 영향을 가하는 간접요인

여기에서는 물에너지, 식량과 섬유질, 기반시설, 관광을 고려할 수 있다. 이들은 서로 연계되어 있으며 기후 변화와 거버넌스에 따른 영향을 받는다. 이는 시장, 가치 사슬, 전반적인 사회 상황과 이해관계자들의 환경에 대한 인식과 긴밀하게 관련되어 있다.

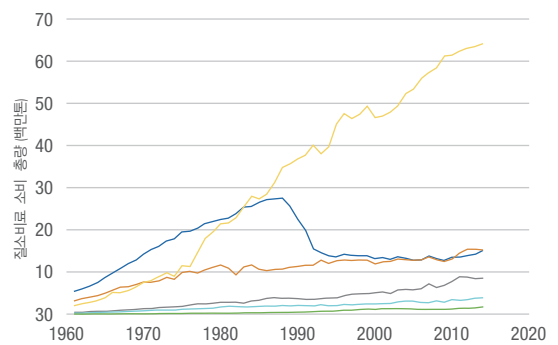
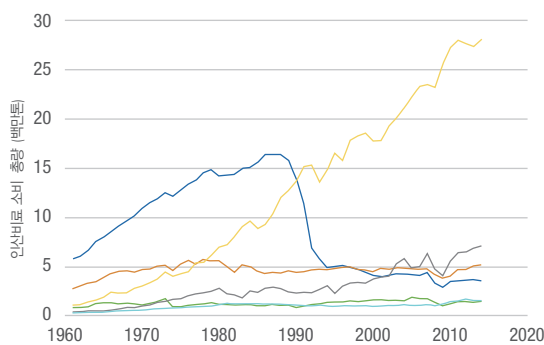
**물-에너지** 부문은 물 저장, 홍수 방지, 수력 발전, 관개를 위해 댐, 저수지, 제방 및 기반시설을 건설한다. 농업은 단연 최대 사용자이며 수력 발전, 제조, 가정 내 사용이 그 뒤를 따른다. 바이오 연료와 수력 발전은 부분적으로는 물 사용에 대한 문제 때문에 기후 친화적 에너지라 할 수 있는지에 대한 반론이 증가하고 있다 (Delucchi 2010).

**식량과 섬유질** 부문은 농업 정책, 시장 수요, 토지 사용 변경을 통해 습지에 영향을 미친다. 아시아에서의 높은 생산은 농업 활동 증대와 높은 농약 사용에 기인한다 (그림 3.4); 남미에서의 성장은 기계화에 따른 영향이 크며; 반면 아프리카에서는 면적 확장에 기인한바가 크데 이는 종종 습지에 영향을 미친다 (OECD/FAO 2016). 수산 양식은 물리적 특성을 변화시키고 영양

분과 화학물질, 외래종 유입으로 이어지기는 하나 영향 정도는 사용된 방법에 따라 상이하다 (예, 못양식 또는 가두리 양식) (FAO 2016b).

**기반시설**에는 빌딩, 파이프라인, 다리, 도로, 공장, 광산, 제방 그리고 공항이 포함된다. 도시 지역은 물과 영양분, 동물의 이동을 막는다. 광업은 강 구조를 훼손하고 퇴적물을 증가시키며 금광에서는 시안화물, 수은 등 오염물질을 배출한다. 아마존의 경우 금 1kg 당 약 1kg의 수은이 배출되는 것으로 추정된다 (Ouboter *et al.* 2012). 도로는 습지를 파편화시키고 이는 서식지와 이동, 생물종에 영향을 미친다 (Trombulak & Frissell 2000). 도로 교통 오염 요인으로는 연료, 윤활유가 있으며 좀더 추운 기후에서는 도로염과 제빙액이 오염요인에 포함된다 (Herbert *et al.* 2015). 교통은 소음, 빛 교란과 로드 킬을 일으킨다. 도로는 외래 침입종, 사냥, 낚시를 위한 길을 내어 주는 것과 같다고 할 수 있다.

**그림 3.4**  
1961-2014년 광물질  
비료 사용 추이  
(질소와 인산염). 도표는  
FAOSTAT 의 농업  
투입재에 대한  
통합 데이터에 기반  
(2002-2014 비료와  
1961-2001비료 아카이브)  
(<http://www.fao.org/faostat/en/#data>).



# 습지 변화의 간접 동인

**관광과 레크레이션** 부문은 기반시설 (예, 호텔, 골프 코스 건설과 자원 이용, 폐기물, 교란 등을 통해 습지에 대한 스트레스를 증가시킨다. 해양 빛 오염이 증가하고 있으며 세계 해안선의 근 4분의1 (22.2%)이 저녁 인공 조명에 노출되어 있다 (Davies *et al.* 2014). 관광은 또한 비토착종의 수를 증가시킨다 (Anderson *et al.* 2015).

**기후 변화**는 물의 양과 흐름, 수온, 침입종, 영양분 균형과 산불에 영향을 미친다 (Finlayson 2017). 기후 변화는 또한 수력 발전 댐 건설을 정당화하는 근거로 인용되는 등 의사 결정에도 영향을 미친다.

**거버넌스**는 성공적인 습지 관리의 중요 요소이다. 거버넌스는 힘 관계와 형평성을 고려한 유연하고 투명하며 포괄적이고 신뢰할 수 있는 것이어야 한다. (Mauerhofer *et al.* 2015). 여기서는 학습과 새로운 지식에 대한 포용, 공식적 비공식 협력, 평가, 적응이 필요하다 (Mostert *et al.* 2007). 바람직한 거버넌스는 성공적인 습지 보전을 위한 강력한 예측 변인인 (Amano *et al.* 2018) 반면 취약한 거버넌스는 단기적 의사결정으로 이어지고 소수 그룹의 이해를 동안시하며 보전을 저해하는 결과를 낳는다 (e.g., Adaman *et al.* 2009).

표 3.2는 간접동인과 표 3.1에 나타난 자연습지 변화의 직접 동인 간의 관계를 전문가 의견에 기초하여 보여 주고 있다.

**표 32**  
습지변화의 간접 동인 및 간접동인이 직접 동인에 미치는 영향

각 습지 유형의 동인

- 글로벌 분포에 대한 주요 영향/중요성
- 지역부터 글로벌에 걸쳐 분포에 영향을 미치는 주요 영향/중요성
- 그 외 알려진 주요 영향

		식량과 섬유					기반 시설			관람 & 레크레이션	국지적 기후 변화 영향	
		물-에너지 기반시설	양분	신뢰	수산양식	어업	산업 & 광업	수송 (도로, 항공, 수송)	건설			
물리적 체제	염도											
	유량											
	유량 빈도											
	퇴적물											
	온도											
추출	물											
	토양 & 토탄											
	생물군											
유입	영양분											
	화학물											
	침입종											
	고체 폐기물											
구조적 변화	배수											
	전환											
	연소											

# 직간접 동인 모두에 영향을 미치는 글로벌 메가트렌드

글로벌 메가트렌드는 모든 정책부문과 인간 활동 영역에 영향을 미치는 글로벌 규모의 간접 동인이다 (EEA 2015; Hajkowicz *et al.* 2012; Naisbitt 1982). 변화의 직접 동인과 비교해 상당히 거리가 있는 것처럼 보이나 이 메가트렌드는 인간 행동과 의사 결정을 촉발하게 되고 이를 통해 습지에 영향을 미친다.

**인구 변동과 인구 성장**은 식량 생산과 기반시설 개발을 이끈다. 세계 인구는 개도국에서 가장 강력한 성장을 보이고 있으며 21세기 중반 경에 이르면 100억명에 달할 것으로 예상된다 (UN 2015b). 선진국에서 인구는 더딘 성장을 보이거나 줄어들 것이다. 단기적으로 경제 개발 부족은 환경 훼손, 기후 변화, 때로는 분쟁을 동반하며 선진국으로의 이주로 이어질 수 있다 (OECD 2015b).

**세계화**는 대부분의 다른 메가트렌드와 습지 변화의 여러 간접 동인에 영향을 미친다. 경제적 용어로 보자면 세계화는 국가 경제가 세계 무역 및 금융 흐름과 통합되는 것이다 (IMF 2002). 그러나 세계화는 문화적, 정치적 측면 또한 가지고 있다. 현대 교통과 통신은 전세계에 걸쳐 사람과 물자, 지식의 흐름을 증가시켰다. 사람들은 비즈니스 또는 관광 목적으로 이동하거나 경제 이민자가 된다. 식량과 물자는 생산 비용이 낮은 곳에서 생산되어 멀리 떨어진 소비자에게 운송된다. 세계화는 편의

(경제 발전, 빈곤 저감을 가질 수 있으나 습지에 증대되는 환경적 스트레스를 주며 위험을 가한다. 세계 무역 협정에 대한 반대가 높아져 왔고 현재 보호주의적 정책이 가시적으로 드러나고 있으며 부의 불평등에 대한 인식 또한 증가하고 있다 (Islam 2015).

**소비패턴의 변화**는 인구증가와 세계화, 경제발전의 결과이며 궁극적으로 습지에 영향을 미친다. 개도국에서 증가하는 중산층은 식량과 에너지 사용패턴을 바꾸어 놓고 있으며 (Hubacek *et al.* 2007; OECD/FAO 2016) 기반시설, 산업 생산, 물에 대한 수요를 증가시키고 폐기물 발생과 온실가스 배출 또한 높이고 있다. 예를 들어 육류 소비는 자원수요에 극적인 영향을 미치며 - 사료를 위한 목초와 콩 생산을 포함 - 물 사용을 증가시킨다. 소고기, 가금육, 돼지고기 생산 모두 식물 기반 식량보다 더 많은 자원이 요구된다 (UNCCD 2017).



© Babak Mehrfarshar



© Mats Rosenberg

**도시화**는 습지에 스트레스를 가하며 특히 연안지대와 하성 삼각주에 큰 압박을 가한다. 2050년이 되면 세계 인구의 3분의 2가 도시 지역에 거주할 것으로 예상된다 (UN 2015a). 도시에서의 경제적 기회와 농업 기계화에 따른 농촌 지역의 고용 감소, 농촌 생계를 저해하는 환경 훼손으로 인해 개도국에서 도시 인구는 2배로 늘어날 것으로 보인다 (EEA 2015). 도시화는 효율적인 자원의 활용을 가능하게 하기는 하지만 빠른 도시 성장은 종종 도시 근교 외곽에 통제되지 않은 개발을 불러오고 이는 사회적·환경적 악영향을 미친다 (McInnes 2013). 도시화는 수문학적 연계, 서식지 변화, 지하수면, 토양 포화, 오염, 궁극적으로는 종 존재량과 풍부도에 영향을 미치며 습지를 변화시킨다 (Faulkner 2004).

**기후 변화.** 기후 변동에 관한 정부간 패널은 기후 변화로 인해 건조 아열대 지역에서 지표수와 지하수 자원이 크게 감소할 것이며 물 경쟁이 가중될 것이라고 예상했다. 특히 다른 동인과의 상승적 영향으로 인해 담수종의 멸종 위험이 증가 할 것이며; 구성 요소, 구조, 담수 생태계의 기능에 있어 갑작스러우며 되돌릴 수 없는 지역 규모의 변화가 일어나고 해수면 상승을 통해 연안 생태계가 훼손될 것으로 보고있다 (IPCC 2014; Moomaw *et al.* 2018). 이에 대한 대응 과정은 습지에 긍정적, 부정적 영향을 모두 미칠 수 있다. 수력 발전과 바이오 연료의 증가는 습지

소실을 야기할 수 있고 탄소 격리에 대한 습지의 역할은 습지 보전과 복원 노력의 증가로 이어질 수 있다 (Moomaw *et al.* 2018).

**환경에 대한 인식 증대와 습지의 중요성.** 생태계 관리의 중요성은 많은 전통 문화에 오랫동안 내재되어 왔으나 공식적인 환경 정책 및 법률 제정은 산업화에 따른 환경 문제에 대한 대응으로 19세기에 개발되기 시작했다. (예, 영국에서의 석탄 연소로 인한 대기 오염; Brimblecombe 2011). 산업화 시대에도 인간의 안녕은 여전히 생태에 의존하고 있다는 것을 인지하면서 “생태계 접근” (Smith & Maltby 2003) 과 “현명한 이용” (Finlayson *et al.* 2011; Ramsar Convention 2005)이라는 개념이 나오게 되었다. 지난 30년 동안 습지의 생태계 서비스와 다양한 가치에 대한 인식이 증가했다. 그러나 습지 가치를 경제 정책과 의사 결정에 완전히 통합하는 데는 여전히 난관이 (Finlayson *et al.* 2018) 있으며 따라서 의사 결정자와 시민 사회를 교육하기 위한 지속적인 노력이 더욱 필요하다 (Gevers *et al.* 2016).

# 습지 훼손과 소실 동인 평가

표 3.1과 3.2의 습지 저하와 소실 동인에 대한 정성적 평가는 가치 있는 자료이기는 하나 정책과 의사 결정을 위해서는 습지에 대한 좀 더 정량적인 데이터가 필요하다. 동인 유형 분류 체계 대한 통합된 평가와 측정을 위해서 원격 센싱과 모델링 데이터가 사용될 수 있으며 (예, Tessler *et al.* 2016) Mackay *et al.* (2009)에서 개략적으로 설명되었듯이 이는 습지에도 적용될 수 있다.

아마도 변화 동인에 대한 최상의 정량적 추정치는 모델링 접근을 통해 가능하며 특히 유역 규모와 글로벌 수문학적 모델 (van Beek *et al.* 2011; Wisser *et al.* 2010), 강으로부터의 영양분 이출 추정 모델 (Mayorga *et al.* 2010), 수상 생물 다양성을 연구하기 위한 글로벌 모델 (Janse *et al.* 2015)을 통해 이루어진다. 이와 같은 모델은 하천 유량, 퇴적물과 영양분 하중 등 습지 변화를 일으키는 다양한 직접 동인을 산정한다. 이는 종종 기후, 인구, 정책 시나리오와 같은 변화의 간접 동인을 시뮬레이션하는 좀 더 큰 규모의 모델링 틀과 연계되어 있다; 따라서 습지의 지속가능한 사용을 최적화하기 위해 이 같은 모델을 사용될 수 있다 (Sabo *et al.* 2017). 모델링 예측과 트레이드-오프 및 의사 결정을 확정하는 모델은 모니터링을 개선하고 습지 동인에 대한 데이터 처리를 향상 함으로써 발전될 수 있다.



© Joseph Kakkassery

# 4. 대응

---

대응에서는 많은 도전 과제들을 일제히 다루어야 한다.

람사르 사이트와 그 외 보호 지역 및 보전 지역의 네트워크를 강화하여 보전 체계가 자리 잡도록 한다.

습지를 포스트 2015 개발 아젠다와 지속가능한 개발 목표에 통합하여 현명한 이용을 촉진하도록 한다.

람사르는 문제에 대응하고 목표를 향한 진전 상황을 측정할 수 있는

여러 메커니즘을 가지고 있다. 법적 정책적 장치,

경제 금융 인센티브와 지속가능한 생산과 같은 여타 도구 또한

필요하다. 역량 강화 및 다양한 관점이 개선될 수 있도록

독려하는 것 또한 성공을 위한 중요 요소이다.

# 다양한 도전과제에 대한 대응



© Michael Abhiseka Wasasajati

습지 보전과 현명한 이용은 지속 가능 개발의 중심에 자리하고 있다. 람사르 협약은 모든 습지의 현명한 이용, 람사르 사이트의 지정과 보전, 접경지대 관리 강화라는 세 가지 축에 중점을 두고 있다. 람사르 전략 계획 2016-2020 (*Ramsar Strategic Plan 2016-2020*)은 다음과 같은 긴밀히 연관된 네가지 목표를 가지고 있다: 습지 소실과 저하에 대응, 람사르 사이트의 보전과 효과적 관리, 습지의 현명한 이용, 실행강화. 19개의 관련 목표는 각각 UN 지속 가능 개발 목표 (SDG)와 관련되어 있으며 최소 75개의 SDG 세부 목표와 연관되어 있다.

글로벌 습지 현황에 대한 글은 문제의 심각성을 일깨워준다; 많은 지역에서 습지는 어려움에 처해 있으며 모든 사회에서 심각한 영향을 주고 있다. 훼손과 소실 추세를 되돌리는 것은 중요하다. 다음 섹션에서는 몇 가지 대응 방법을 요약하고자 한다.

**제도과 거버넌스:** 람사르 사이트와 그 외 보호 지역과 같은 중요 습지를 보전하기 위한 전략의 초석이며 “기타 효율적인 지역 기반 보전 수단”과 같은 새로운 수단을 통해 이를 실행할 수 있다. 모든 습지의 보전과 현명한 이용에 대한 신념을 공공히 하기 위해서 부분적으로는 지속가능한 개발 목표와의 통합이 요구되며 보전과 현명한 이용을 위한 강화된 정책과 법적 제도가 필요하다.

**관리:**가 필요하며 수 십년 간에 걸친 습지보전과 현명한 이용에 관한 경험을 바탕으로 람사르는 전세계적으로 개선된 습지 관리에 관한 근간을 제공하고 있다. 경관 규모 계획에서 습지 기능을 확실히 하는 것은 중요한 단계이며 이 과정에서 다양한 이해관계자들이 프로세스에 참여할 수 있도록 하고 다양한 시각에 귀 기울이고 이를 수용하는 것이 중요하다.

**투자:**는 핵심적이며 정부와 그 외 기관들이 습지가 자연 기반 시설로서 담당하고 있는 주요한 역할을 인식하고 이에 투자하도록 하는 것이 중요하다. 직접적인 금융 지원에 더불어 좀더 광범위한 경제적 인센티브를 통해 개선된 관리를 이끌어 낼 수 있다. 생산과 소비에 대한 지속가능한 접근을 통해 산업계가 습지에 대한 도전 과제 대응에 기여하도록 유도할 수 있다.

**지식:**은 현재 인벤토리와 연구를 발전시키는데 있어 핵심이며 좀더 광범위한 대중에게 내용을 전달하는 데에도 필수적이다. 신기술과 시민 과학의 확대 모두 현재 지식의 간극을 채우는데 도움을 줄 수 있다.

# 람사르 사이트 네트워크 강화

세계적으로 중요한 습지를 람사르 습지로 지정하고 습지의 생태적 특징을 유지할 수 있도록 관리하는 것이 중요한 국가 차원의 대응이다. *국제적으로 중요한 습지에 대한 람사르 목록 (Ramsar List of Wetlands of International Importance)*은 세계 최대 보호지역 네트워크 중 하나이다 (Pittock *et al.* 2014). 아프리카 (Gardner *et al.* 2009), 캐나다 (Lynch-Stewart 2008)와 미국 (Gardner & Connolly 2007)에서의 조사 내용을 보면 지정에 따른 다음과 같은 다양한 이점이 있음을 분명히 알 수 있다. 개별 사이트와 전반적인 습지의 중요성에 대한 인식 증대; 보호와 관리에 대한 지원 증대; 토지사용 결정에 영향력 행사; 토지 확보 및 환경 평가; 펀딩 기회 증대; 생태 관광 및 연구 촉진. 람사르 사무국은 이와 같은 이점을 논하고 있는 미대륙의 사례 연구를 취합해 왔다 (Rivera & Gardner 2011).

2,300개 이상의 람사르 사이트가 있으며 이는 약 2억 5천만 헥타르로 대략 육상 연안 습지의 13-18%를 차지하고 있다 (Davidson & Finlayson 2018). 그림 4.1은 2010년 대에는 조금 더디어 지기는 했으나 시간에 걸친 꾸준한 증가를 나타내고 있음을 보여준다.

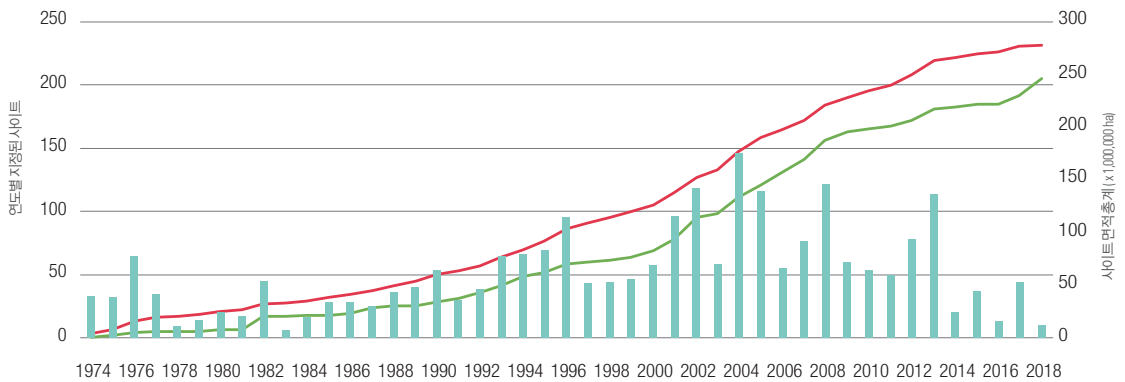
그림 4.2는 지역별 람사르 사이트를 비교하고 있다; 유럽은 수적으로 가장 많은 습지를 가지고 있는 반면 면적으로 보았을 때는 아프리카가 최대 습지 면적을 가지고 있다.

람사르 사이트 지정 확대를 위한 기회가 있다. 람사르 기준을 충족하는 주요 조류 생물 다양성 서식지 (Important Bird and Biodiversity Areas)의 24%만이 전체적 또는 부분적으로 람사르 사이트로 지정되어 있다. 지정 정도는 아프리카와 유럽이 가장 높으며 (IBA의 30%) 아시아가 가장 낮다 (12%). 핵심 생물 다양성 지역 (Key Biodiversity Areas) (IUCN 2016) 또한 잠재 지정 사이트이며 지정을 통해 지속가능한 개발 계획, 재난 경감에 대한 샌다이 프레임워크, 기후 변화에 대한 파리 협정을 지원할 수 있다.

사이트 지정을 통해 국제적 협력을 강화할 수 있으며 이에 따라 생태계 서비스의 월경성 흐름을 관리할 수 있다. 대부분의 경우 자신의 영토에 속하는 지역만을 지정하고 있기는 하나 약 234개의 람사르 사이트는 접경 습지를 포함하고 있다 (Griffin & Ali 2014). 습지 전지역이 양자 (또는 모든) 협약 당사국에 의해 지정되어 있는 곳에서는 정부 당국이 "접경 람사르 사이트"를 지정하여 협력을 공식화할 수도 있다. 20개의 접경 람사르 사이트가 있으며 이중 2개는 아프리카에 자리하고 있고 나머지는 유럽에 있다.

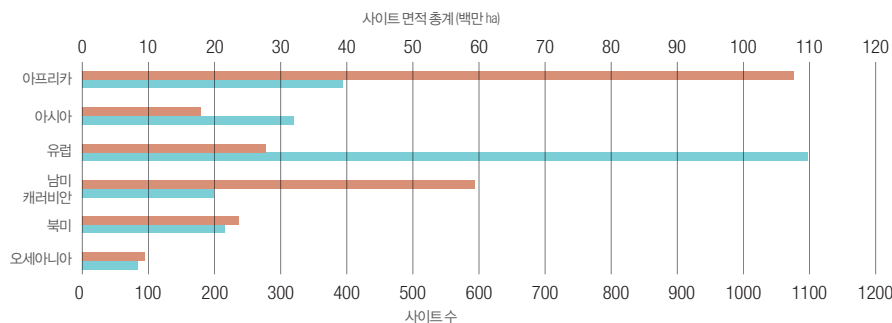
**그림 4.1**  
글로벌 람사르 사이트 수와 면적 출처: RSIS.

■ 연간 사이트  
■ 축적 사이트  
■ 축적 면적



**그림 4.2**  
람사르 지역에서 지정된 람사르 사이트 수와 면적 출처: RSIS.

■ 사이트 면적 총계  
■ 사이트 수



# 보전 지역에서 습지 범주(Coverage) 강화

담수 및 해양습지가 란사르 사이트가 아닌 법적 보호 지역 내 자리하고 있을 수 있다. 해양 보호 지역은 산호초, 맹그로브, 해초지를 포함한 란사르에서 습지로 정의한 지역을 포함하는 경우가 많다. “no-take” 규정을 엄격히 적용할 경우 보전 혜택이 증대된다, 면적(클수록 좋음); 과 분리 정도 (Edgar *et al.* 2014).

여러가지 다양한 모델이 적용되고 있다. 필리핀은 지속가능한 사용을 촉진하기 위해 지역 공동체 기반 산림 관리 (Community-Based Forest Management) 제도를 시행하는데 이 제도는 지역 공동체에 맹그로브에 대한 종신적 권리를 준다. 지역 공동체는 합의를 관리 계획을 실행하고 대가로 배타적 어업권을 가지게 된다 (Carandang 2012). 호주는 토착민 보호 지역을 설정하였는데 이 지역 내에서 토착민들은 자발적으로 생물다양성과 문화 보전을 관리한다. 이 사례에서도 관리 계획의 개발과 채택이 승인에 있어 핵심적인 단계이다 (Davies *et al.* 2013).

람사르 지정을 통해 란사르 전략 계획 목표 5 (생태적 특성 유지), 목표9 (통합된 자원 관리) 와 목표12 (복원을 포함한 많은 목표에 대응할 수 있다. 이는 아이치 생물다양성 목표 1; “산, 산림, 습지, 강, 대수층, 호수와 같은 수 생태계를 보호하고 복원하기 위한” SDG 6.6; “육상 및 내륙 담수 생태계의 보전을 보장하기 위한” SDG 15.1에 기여한다.

세네갈에서와 같이 토착민 공동체에 의해 보전되는 지역 (Indigenous and Community Conserved Areas :ICCAs)의 세계적 네트워크도 또 다른 예이다 (Cormier-Salem 2014).

일부 협약 당사국은 사유지 보호 지역 정책을 실행하고 있다 (Stolton *et al.* 2014). 일례로 콜롬비아에서는 385개 이상의 가구가 란사르 사이트인 라코차 석호 주변 완충 지대를 강화하기 위해 민간자연 보호 지역 프로그램에 참가하고 있다 (Bonells 2012).

생물다양성 협약 하에서 “그 외 효율적인 지역 기반의 보전 조치”의 새로운 정의가 또한 부상하고 있다. 여기서는 보호 지역은 아니지만 생물 다양성에 장기적이며 측정 가능한 편익을 제공하는 지역을 언급하고 있는데 보호지역으로 관리되고 있지 않은 많은 란사르 지역이 이에 포함될 것이다 (IUCN 2018).

람사르 전략 계획 목표6은 란사르 네트워크의 확대를 언급하고 있으며 목표14에서는 과학적 계도를 추구하고 있다. SDG 14.5는 2020년까지 “연안 및 해양 지역의 최소 10%를 보전하고 국내 및 국제법과 일관성을 유지하며 가용한 최선의 과학정보에 기반”할 것을 정부에 요구하고 있다. 이는 아이치 생물 다양성 목표 11과 맥락을 같이 하고 있다.

## 사례 연구: 북미 습지 종에 대한 야생 조류 지표

북미 습지 의존종은 1968년 이래 30% 이상 증가해 왔다 – 보전 행동에 주요했다.

4천만 헥타르 이상의 습지 서식지가 미국 연방 보호지역, 주 및 현지 야생 동물 관리 지역, 사유지에서의 습지 보전 프로그램을 통해 보전되었으며 이는 습지 의존 조류의 증가로 이어졌다.

87개 종의 평균 존재량을 보여주는 북미 야생 조류 지표 (The Wild Life Index for North America)는 1968년 이래 30%

이상 증가했다. 예를 들어 청둥오리 개체수의 경우 장기 개체수 평균과 비교해 42% 높아졌다. 그러나 습지 소실이 이어지고 있는 곳에서는 개체수가 같이 감소하고 있다.

출처: BirdLife International (2015); North American Bird Conservation Initiative (2014).

# 포스트-2015 개발 아젠다의 계획과 실행에 습지 통합

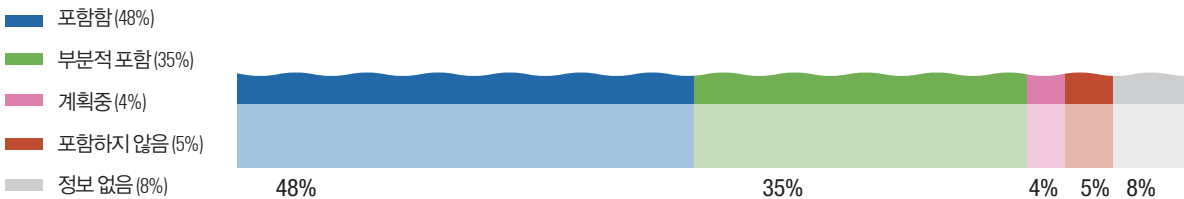
2015년에 회원국들이 합의한 국제 정책 체계, 2030 지속가능 개발 아젠다와 지속가능 개발 목표, 기후 변화에 관한 파리 협약, 재난 위험 저감에 대한 센다이 프레임워크에 따른 국가적 약속을 실행하기 위한 수단으로 습지 보전과 현명한 이용을 촉진할 수 있는 기회가 생겼다. 국가 및 부문 정책, 프로그램, 지표에 습지의 현명한 이용을 포함하는 것이 중요하다. 개발 기관, 인도주의 기관과 환경 기관 간의 보다 나은 협업을 통해 일관성 있는 접근이 가능하다.

예를 들어 필리핀의 재난 예방 및 복구 프로그램, 인도의 국가 재난 관리 계획과 같이 점점 더 많은 정부들이 재난 저감 정책에 습지를 통합하고 있다.

2016-2024 람사르 전략 계획의 한가지 지표는 농업에 대한 국가 정책 또는 조치에 습지 문제를 포함하고 있는 국가 비율을 보여 준다. 2018년에 국가 보고서를 제출한 협약 당사국의 약 절반 정도가 농업에 관한 국가 정책과 조치에 습지를 포함했다고 보고했다.

아이치 생물다양성 타겟 6은 "2020년까지 모든 어류와 무척추 동물 및 수생 식물을 지속가능하고 합법적이며 생태 기반 접근을 적용하여 관리하고 수확한다"는 내용을 포함하고 있다.

**그림 43**  
농업관련 국가 정책과 대책에 습지 문제를 포함



**상자 4.1**

## 재생가능 에너지 정책과 목표로 인한 훼손 방지

온실 가스 배출을 저감하기 위하여, 많은 국가들이 바이오 연료 및 수력 전기 발전을 포함한 재생 가능 에너지 활용을 촉진하는 법과 정책을 채택하였다. 람사르 결의안 X.25와 XI.10은 생태계서비스를 훼손하면서 에너지 발전 용도로 습지를 전환하는 것에 대한 우려를 표명하고 있다. 일부 국가는 생물 다양성 보호를 보장하기 위하여 지속가능성 기준을 활용할 것을 요구하고 있다. 예를 들어, 유럽연합은 2020년까지 각 회원국 운송 연료의 10%를 바이오 연료와 같은 재생가능 에너지원에서 확보하도록 하는 목표를 가지고 있으나 습지나 산림과 같이 기존에 높은 탄소 보존을 보이고 있는 토지를 전환하여 바이오 연료를 확보하기 위한 식물을 재배할 수는 없도록 하고 있다" (European Commission 2017). 대규모 수력 발전은 많은 강에서 유량에 영향을 미치는데 메콩강 위원회 (Mekong River Commission)와

같은 초국가 기관이 부분적으로는 이와 같은 문제를 협의하기 위해 설립되어 있다. 람사르 결의안 X.19은 댐 운영에 있어 "최상 경로" 접근을 통해 습지를 보호 관리해 줄 것을 국가에 촉구하고 있다.

# 지속가능개발 목표지원에 핵심적인 역할을 하는 람사르

## 17. 목표 달성을 위한 파트너십

람사르 협약은 여타 MEA와의 파트너십을 통해 SDG 달성과 관련하여 정부를 지원

## 16. 평화, 정의 & 강력한제도 구축

접경습지의 효과적인 관리는 평화와 안전에 기여

## 15. 육상생태계 보호

전세계 생물종의 40%가 습지에서 생활하며 번식.

## 14. 해양 자원의 보전

건강하고 생산적인 바다는 긍정적 기능을 가진 연안 및 해양습지에 의존

## 13. 기후변화 대응

전세계 토지의 3%만을 차지하는 이탄지는 전세계 산림에 비해 두 배 많은 탄소를 저장

## 12. 책임 있는 소비 & 생산 증진

적절히 관리된 습지 지역은 모든 부분에서 증대되고 있는 물 수요를 지속가능한 방식으로 지원할 수 있음

## 11. 지속가능한 도시 & 공동체 구축

도시습지는 안전하고 회복력을 갖춘 지속가능한 도시를 만드는 데 있어 핵심적인 역할 수행

## 10. 불평등 해소

건강한 습지는 2050년경 열악한 물 접근 환경에 놓일 것으로 예상되는 50억 인구의 위험을 저감

## 9. 산업, 혁신 & 인프라 구축 확대

건강한 습지는 증가하는 자연 재해에 대한 자연 완충제임

## 1. 빈곤 퇴치

10억 이상이 생계 유지를 위해 습지에 의존

## 2. 기아 퇴치

논 습지에서 재배된 쌀은 35억 인구의 주식

## 3. 건강 & 웰빙

세계 관광객의 절반이 습지 지역 특히 연안 지역에서 휴식

## 4. 교육보장

안전한 물에 대한 접근은 교육 기회, 특히 소녀들의 기회 증진

## 5. 양성 평등

여성은 물 공급, 관리, 보호에 있어 중요한 역할을 담당

## 6. 물과 위생 관리 강화

전세계 거의 모든 담수 소비는 직간접적으로 습지 통해 이루어짐

## 7. 적정가격의 청정 에너지 보급

지속가능한 상류수 관리를 통한 적정가격의 청정 에너지 보급

## 8. 양질의 일자리 & 경제 성장

습지 관광과 여행을 통해 2억 6천6백만개의 일자리 제공

Wetlands and the SDGs

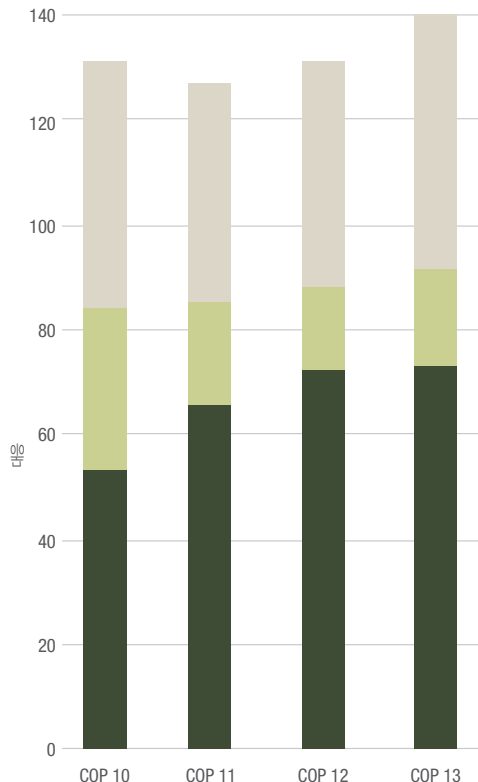
# 습지 보전을 위한 법적 정책적 준비 강화

법적 정책적 도구를 통해 다양한 범주에서 습지를 보호할 수 있다. 습지에 한정된 법과 정책 뿐만 아니라 좀 더 일반적인 생물 다양성에 관한 법 및 정책, 오염 관리 법, 환경 평가 프로세스도 이러한 도구에 포함된다. 효율성을 높이기 위해서는 이와 같은 법이 다양한 부문에 걸쳐 적용되어야 한다. 그리고 궁극적으로는 바람직한 거버넌스가 있어야지만 모든 정책과 법, 규제 사항에 대한 성공적인 실행이 이루어 질 수 있다 (Millennium Ecosystem Assessment 2005). 전략적 환경 평가는 경관 단위에서 습지에 영향을 미칠 수 있는 정책, 프로그램, 계획을 강화할 수 있다.

점차 많은 국가들이 국가 습지 정책을 수립하고 있다. 1990년에는 어느 당사국도 이와 같은 정책을 가지고 있지 않았으나 2018년에는 73개국이 국가 습지 정책을 수립했다고 보고했으며 추가적으로 18개 국가는 유사한 정책을 두고 있다고 보고했다 (그림 4.4). 이와 같은 정책은 지속가능한 개발 목표 하의 국가 계획과 통합되어야 한다.

**그림 4.4**  
습지의 현명한 이용을 촉진하기 위한 정책 (또는 유사한 도구)가 있는가?

■ 있음  
■ 준비중  
■ 없음



국가 습지 생물 다양성 법은 개발 활동을 위한 허가 프로세스의 일환으로 흔히 회피-완화-보상 체계 (Gardner *et al.* 2012)를 활용하고 있으며 일반적으로 습지 소실을 회피하기 위한 방법을 반드시 규명하도록 하고 있다. 회피할 수 없는 소실의 경우 복원 프로젝트 등을 통해 영향을 완화하고 상쇄하도록 해야 한다. 인간에 의해 야기된 기후 변화의 경우는 회피 가능하지 않을 수 있다 (Finlayson *et al.* 2017).

일부 국가는 습지에 가하는 영향을 상쇄하기 위해 습지은행 제도 (wetland banking: 또는 습지 완화은행제도 (wetland mitigation banking))를 활용하고 있다 (Hough & Robertson 2009). 간단히 설명하자면 습지 복원, 향상, 생성 과/또는 보전 노력을 기울이는 경우 보상 크레딧이 생성된다. 이 크레딧은 개발사에 판매될 수 있는데 다른 지역의 동일 유형 서식지에 미치는 부정적인 습지 영향을 상쇄하기 위해 이를 구매한다.

생물다양성 상쇄 프로그램은 개념적으로는 유사하나 습지보다 광범위한 부문에 초점을 맞추고 있다 (OECD 2016). 람사르 결의안 XI.9의 부록을 보면 “어떤 보상의 형태이든 습지에 미치는 영향을 회피하려는 노력을 면하기 위한 방책으로 사용되어서는 안되며 습지 소실에 대한 보상 시 면적과 기능을 모두 고려하여 동일한 구역에서 유사한 형태의 서식지를 대상으로 이루어지는 보상 활동이 가장 선호된다”라고 언급되어 있다.

외래 침입종은 습지의 주요 위협 중에 하나이다. 람사르는 침입 외래 습지종을 규명, 예방, 제거, 관리할 것을 촉구하고 있다. 2018년 당사국의 40%가 습지에 영향을 미치는 외래 침입종에 대한 종합 국가 인벤토리를 보고했다. 이보다 적은 수의 국가 (26%)가 습지 외래 침입종 통제와 관리에 관한 국가 정책과 가이드라인을 수립했다. 유럽연합은 외래 침입종 (Invasive Alien Species of Union Concern) 목록 개발을 포함한 종합 법안을 채택 (Genovesi *et al.* 2014) 했으며 이 중 75% 이상이 습지와 관련되어 있다. 이와 같은 개입 노력의 확대가 시급히 이루어져야 한다.

# 습지 총량제

상자 42

## “총량제”

“총량제”는 주어진 지리 규모(많은 경우 국가 규모에서 습지 면적과/또는 생태 특성 총량을 유지하려는 국가 정책이다. 습지에 미치는 영향을 허가할 수도 있으나 보상(복원과 생성)을 통해 이 영향을 상쇄하여야 하며 반드시 동일 사이트가 아니더라도 총 습지 자원 차원에서 보상을 시행하도록 하고 있다. “총량제” 정책은 특정 프로그램이나 습지, 관할 구역에 한정되어 시행될 수 있다.

이는 현명한 이용을 실행하기 위한 한 방법일 수 있다. 그러나 아직까지 이와 같은 정책을 시행한 협약 당사국 중 단순히 습지 면적이 아닌 습지 기능면에서 총량제를 실현했다는 연구는 없다. 더 나가 유효성을 모니터링하는 것도 필요하다. “총량제” 정책은 자연 습지에 대한 영향을

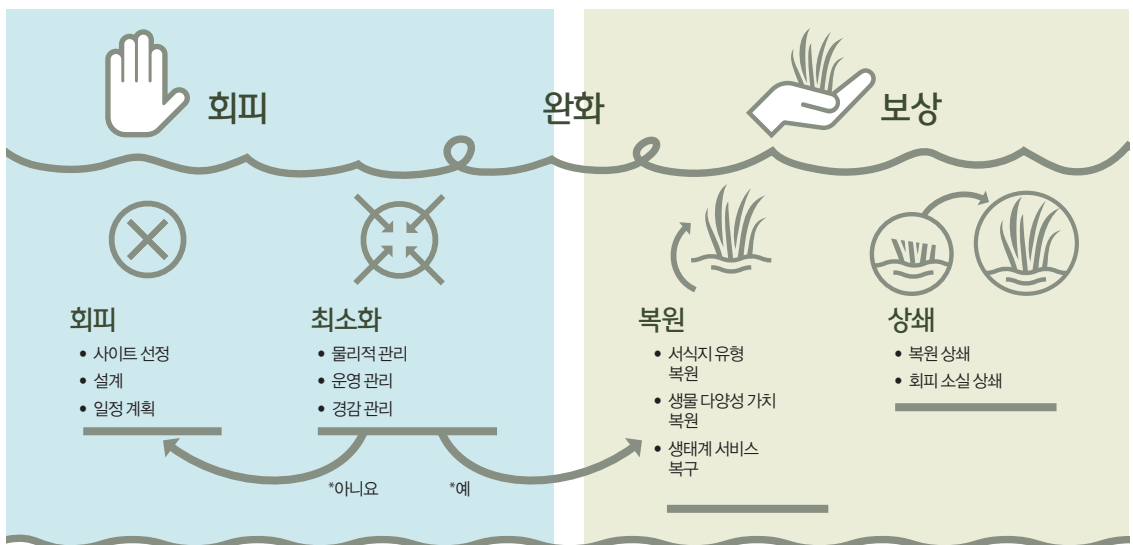
회피하기 위해 기본적으로 필요한 중요 조치를 약화시키는 수단으로 사용되어서는 안된다 (Ramsar 2012). 결과적으로 람사르는 좀 더 강력한 “습지 무소실(No loss)” 접근방식을 추구하고 있다.

많은 경우 모호하게 정의되어 있기는 하나 총량제 개념은 80개가 넘는 국가에서 생물 다양성에 미치는 영향을 상쇄하는 것과 관련하여 채택되었다 (Maron *et al.* 2018).

람사르 전략 계획은 습지 편익(목표 1), 습지 생태계 필요(목표2), 민간 부문참여(목표3) 및 그 외 정책 문제를 다루고 있다. 총량제는 아이치 생물 다양성 목표5 “모든 자연 습지 소실율을 최소 절반으로 줄이고 가능한 곳에서는 제로에 가깝도록 한다”에 대한 조치이다.

SDG 6.3은 “오염을 줄임으로써 수질을 개선한다”에 대한 요구를 담고 있으며 SDG 15.8은 “육지 및 수 생태계에 외래 침입종의 유입을 예방하고 영향을 크게 줄일 수 있는 조치를 도입...”할 것을 국가에 요청하고 있다.

그림 45  
완화 체계



\* 개선 조치를 통해 잠재 영향을 적절히 관리할 수 있는가?

# 현명한 이용을 달성하기 위한 람사르 지침 실행

람사르는 습지의 현명한 이용을 지원하기 위한 광범위 지침을 채택했다. 지침은 협약의 철학과 실행의 중심 자리하고 있다. *현명한 이용 핸드북 (The Wise Use Handbooks)*은 람사르 당사국 회의 결의안과 함께 표 4.1에 표기한바와 같이 최선의 관행에 대한 지침과 권고를 담고 있다.

**표 4.1**  
람사르 최선의 관행

사안	관련 지침		
	람사르 사이트 지정	모든 습지의 현명한 이용	국제 협력
<b>람사르 핸드북</b>			
습지의 현명한 사용			
국가 습지 정책			
법과 제도			
조류 독감과 습지			
파트너십			
습지 CEPA (의사소통, 교육, 참여, 인식증진)			
참여스킬			
물 관련 지침			
강유역 관리			
물 할당 및 관리			
지하수 관리			
연안 관리			
인벤토리, 평가, 모니터링			
데이터와 정보 필요			
습지 인벤토리			
영향 평가			
람사르 사이트 지정			
습지 관리			
생태 특성 변화에 대처			
국제 협력			
<b>람사르 결의</b>			
기후변화			
이탄지 보전			
재난 위험 경감			
습지 가치			
관광			
에너지			
채굴 산업			



© Adobe Stock/ magspace

상자 4.3

### 부족한 물자원

서로 다른 신앙이 습지 관리에 긍정적 또는 부정적 영향을 미칠 수 있다. 많은 습지 (호수, 강, 샘 등)는 전세계 주요 그리고 소수 신앙에서 신성한 가치를 가진다; 신성함은 많은 경우 보살핌의 의무를 부여하고 이는 보전과 바람직한 관리로 이어진다. 2017년의 한 법원 판결에서는 갠지스 강이 실제 개체로의 권리를 가지는 것으로 인정했는데 (Kothari & Bajpai 2017) 이는 신성한 가치에 기반을 둔 일련의 정책 이니셔티브 중 하나이다. 뉴질랜드 의회가 2017년에 마오리 이위 부족이 신성하다고 여기는 황거누이강에

법인격을 부여한 것처럼 이와 같은 법적 지위는 다른 전통 관행과 신앙에도 부여될 수 있다. 황거누이강공동체와 정부는 각각 강의 이해를 대변하는 구성원을 지명할 예정이다 (ABC 2017).

람사르 사이트 또는 그 외 보호 지역으로 지정한다고 해서 양질의보전이 보장되는 것은 아니다. 효율성 여부는 관리 계획과 긴밀하게 연계되어 있다 (Leverington *et al.* 2010). 관리 계획을 가진 람사르 사이트는 계획을 가지지 않은 사이트 보다 훌륭한 결과를 도출한다. 예를 들어 효율적인 실행 관리 계획을 가진 지중해 람사르 습지의 경우 월동 물새 개체군이 더 크게 증가했다 (Korichi & Treilhes 2013). 그러나 절반에 못미치는 람사르 사이트만이 관리 계획을 실행해 왔다.

다음 네 개의 람사르 지역 센터에서 트레이닝과 역량강화를 촉진하고 있다. 서반구, 동아프리카, 중앙 및 서아시아, 동아시아 지역 센터. 예를 들어 동아시아 센터는 습지 지정 및 관리상의 어려움을 비롯하여 람사르 실행에 관한 내용을 다루는 트레이닝 워크숍에 국가 전문가들이 참여할 수 있도록 후원하고 있다. 역량 강화는 모든 행정 단위에서 필요하다. 새로운 스킬을 학습하고 태도와 행동을 변화시키는 데에는 시간이 필요하기 때문에 이 부분은 주요 도전 과제로 남아있다 (Gevers *et al.* 2016).

문화적 관습과 전통 유지 노력이 습지의 현명한 이용에 도움이 될 수 있다. 예를 들어 습지에 자리하고 있는 자연 성지의 경우 대부분 잘 보호되고 있다. 현지 공동체와 토착민의 전통 지식과 문화 관습은 일반적으로 지속가능한 관리를 강조하고 있으며 습지를 “자연 기반시설”로 유지하는데 있어 중요한 역할을 수행할 수 있다.

*람사르의 현명한 이용에 관한 접근은 습지 편익 (목표 1), 람사르 사이트 네트워크 (목표6), 통합 관리 (목표9) 등 전략 계획의 여러 목표에 반영되어 있다. 이는 “모든 수준에서의 통합된 수자원관리 실행”을 언급하고 있는 SDG6.5와 연관이 있다. 아이치 생물다양성 목표1은 “사람들이 생물다양성의 가치를 인식하고 이를 지속가능한 방식으로 보전하고 이용할 수 있도록 하기 위해 취할 수 있는 단계를 인지”하도록 하고 있는데 이는 습지 편익을 문서화하고 전파하며 주류화 한다 내용을 담고 있는 람사르 목표 11 및 목표16에 반영되어 있다.*

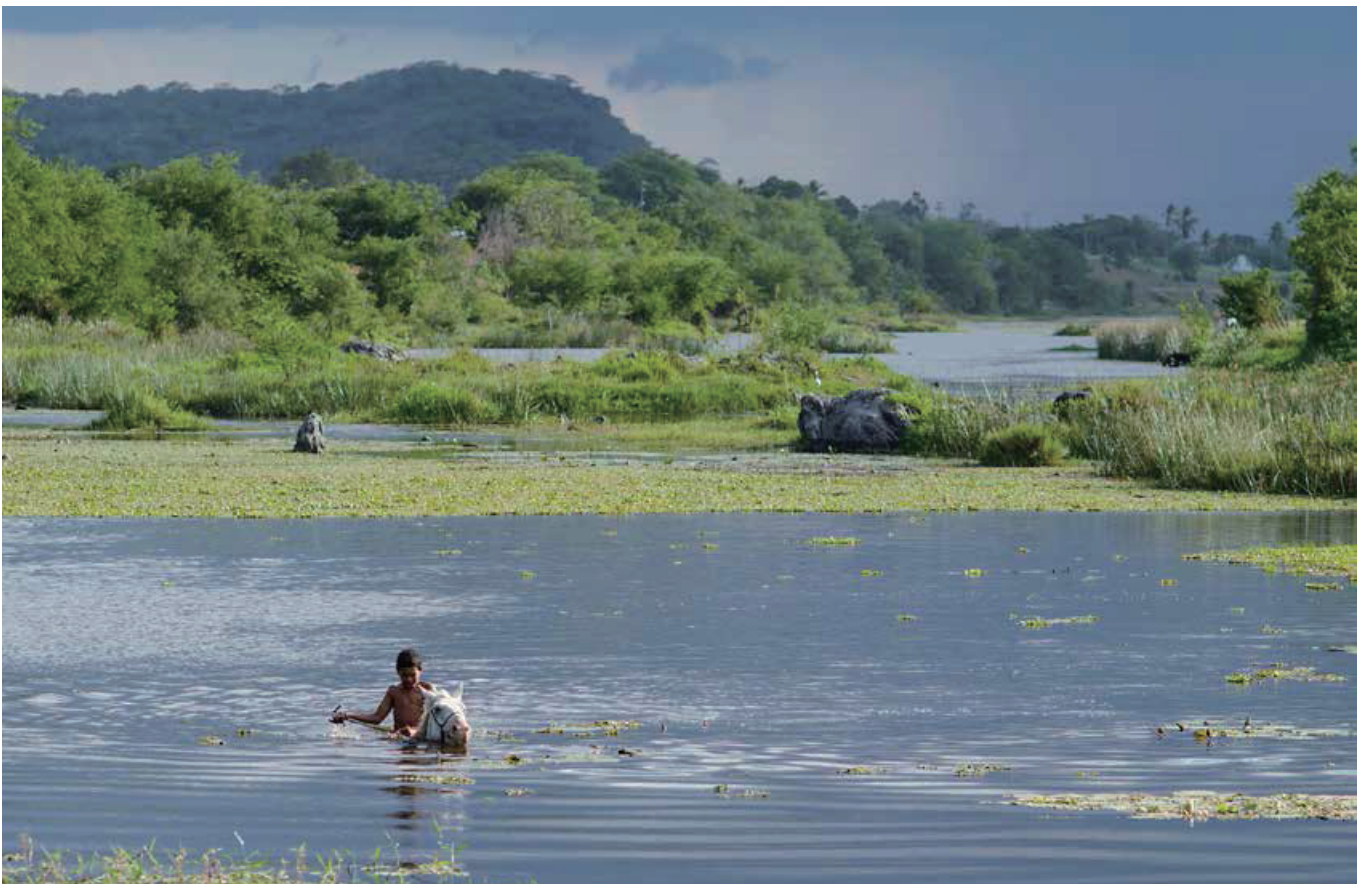
# 도전과제 규명과 대응에 있어 람사르 메커니즘 활용

람사르 사이트의 생태적 특성이 인간 활동으로 인해 감소되거나 (감소될 가능성이 있는) 경우 람사르 협약은 다양한 범주의 행동을 독려하고 있다. **조항 32**는 협약 당사국들이 “지체없이” 문제를 사무국에 통보해 줄 것을 요구하고 있다. 2017년 12월까지 164개 람사르 사이트에 관한 통보가 있었고 아직 확인 절차를 거치지 않는 3자가 사무국에 통보한 추가 70개의 사이트에 관한 통보가 있다(람사르 협약 사무국 2018).

몽트뢰 목록(Montreux Record)이 1990년 당사국에 의해 작성되었는데 이 목록은 우선적인 보전 노력이 필요한 사이트를 강조하여 보여준다. 이는 람사르 자문단(RAMs)의 활동을 이끌어 람사르 사이트가 직면한 위협을 해결하도록 협약 당사국을 지원하고 금융 메커니즘 하에서 자원을 할당하도록 하는데 그 목적이 있다. 몽트뢰 목록에 있는 람사르 사이트의 수는 2번에 걸친 3년 주기의 기간동안 대략적으로 일정했으며 (49 람사르 사이트)

2015년에 한 개의 사이트 만이 목록에서 제외되었다. 2017년에 2개의 사이트가 목록에 추가되었음에도 불구하고 협약 당사국들은 몽트뢰 목록을 전처럼 활용하고 있지 않다. 반면 RAM은 최소 일년에 하나의 대응과제를 실행하며 지속적으로 적극적인 노력을 펼치고 있다.

RAM은 기술 지원 메커니즘으로 이를 통해 협약 당사국은 람사르 사이트의 생태적 특성에 대한 위협과 관련 습지 문제에 어떻게 대응할 것인가에 대해 전문가의 조언을 구할 수도 있다. 이 메커니즘에서는 일반적으로 다국가, 다분야 전문가들로 구성된 소규모 팀이 사이트 방문하며 이들은 문제를 살펴보고 이해관계자들과 상담한 후 보고서와 권고안을 마련한다. 1990년에 이 메커니즘이 마련된 이래로 80개 이상의 RAM이 실행되었다. RAM의 활용 정도는 지역에 따라 크게 다르다.



© Helder Santana

# 경제 및 금융 인센티브 적용

습지 복원과 관리 비용 및 편익을 동등하게 공유하는 것은 현명한 이용에 있어 필수적이다. 이와 관련하여 다양한 범주의 틀이 도움이 될 수 있다(PBES 2018).

규제 관리를 보완하기 위해 일부 국가는 생태계서비스에 대한 지불을 활용하는데 이는 습지 보전과 현명한 이용을 독려하기 위해서이다 (Ingram *et al.* 2014). 토지 소유자와 관리자는 환경에 이로운 활동을 한 경우 보상을 받는다. 미국의 습지 보전 계획 (Wetlands Reserve Program: 현재 농업 보전 지역권 프로그램 Agricultural Conservation Easement Program)은 습지 복원과 보전에 대한 보상으로 농민에게 비용을 지불하는데 재정 지원은 이 활동을 수행한 기간에 따라 제공된다. 1992년부터 2013년까지 약 1백 1십만 헥타르가 등록되었고 45억 미달러의 투자가 이루어졌다. 추정 생태계서비스 가치는 1년 동안 미국 정부가 미시시피 총적 분지 복원에 지출한 비용을 넘어선다 (Jenkins *et al.* 2010).

세법은 행동에 영향을 미칠 수 있고 세법 조항을 통해 보전과 현명한 이용을 독려할 수 있다.

호주에서 토지 소유주는 보전 계약을 통해 지역의 자연 가치를 보호하고 증진하는데 참여하는 경우 세금 감면을 받는다 (호주 정부, 환경 에너지부). 남아프리카는 최근 이와 유사한 법을 채택했다 (상자 4.4). 미국에서 토지 소유주는 보전 지역권을 토지 신탁이나 유사한 기관에 기부하는 경우 세금 혜택을 받는다 (토지의 자연 상태를 유지하기 위함).

왜곡된 인센티브의 수정이나 긍정적인 인센티브의 도입은 또 다른 중요 대응 방법으로 인식된다. 예를 들어 농산물 보조금과 가격 지원 정책은 습지 전환을 독려하고 오염을 증가시킬 수 있다. 1985년 미국 식품 보안법 (United States Food Security Act)은 왜곡된 인센티브를 제거함으로써 어떻게 습지 소실을 줄일 수 있는지를 보여주었다. 여기서 농민들이 습지를 전환하거나 배수하는 경우 대출, 보험료 보조, 가격 및 소득 지원 등 정부 혜택에 대한 자격요건을 잃을 수 있다. 표 4.2은 이와 같은 정책의 영향을 정량화하여 보여주고 있다.

**표 4.2**  
미국 농업 부문 습지 소실과 획득.  
Fraye *et al.* 1983,  
Dahl & Johnson 1991,  
Dahl 2000, 2006,  
2011 데이터 가공.

연도	평균 습지 소실	평균 습지 획득
1950년대-1970년대	161,251.2 ha/연 소실	
1970년대 중반-1980년대 중반	63,373.8 ha/연 소실	
1986-1997	6,155.3 ha/연 소실	
1998-2004		4,773.3 ha/연 획득
2004-2009		8,994.8 ha/연 획득

**상자 4.4**

## 남아프리카 생물 다양성 세제 인센티브

버드 라이프 남아프리카는 2015년 보호 지역을 선언하는 토지 소유주에게 세제 혜택을 주는 생물 다양성 세제 인센티브를 시범적으로 시행하기 위해 금융 혜택 프로젝트를 실시했다. 이 프로젝트를 통해 신규 세제 인센티브가 국가법에 도입되었다. 토지 소유주는 자연 보호구역이나 국립공원의 일부로 자신이 공식적으로 보호하고 있는 토지의 가치에 기반하여 세금 할인을 요청할 수 있다.

중요 조류 생물 다양성 지역 (Important Bird and Biodiversity Area)의 토지 소유주가 2016년 최초로 생물 다양성 세제 혜택을 받았다.

출처: Bird Life International Africa (2017).

# 습지 복원에 대한 정부 투자의 유지 및 증대

글로벌 습지의 열악한 상황을 고려할 때 정부 편당의 주요 역할 중 하나는 복원을 지원하는 것이다. 아심찬 프로젝트가 모든 람사르 지역에서 실행되고 있다. 남아프리카의 수자원 프로그램, 중국 습지 공원 조성(Wang *et al.* 2012), 벨라루스 이탄지 회복(GEF 2016), 뉴질랜드 아라와이 카카리키(Arawai Kākāriki) 습지 복원 프로그램(Macdonald & Robertson 2017), 미국 에버글레이즈 복원 노력(내셔널 아카데미 오브 사이언스, 엔지니어링, 메디슨 2016) 등이 그 예이다.



© Firpo Lacoste

## 습지 투자 증대

습지의 광범위한 사회적 편익을 지니고 있기 때문에 다양한 부문으로부터 투자를 받을 수 있다. 습지를 비용 효율적인 자연 인프라로 단독 활용하거나 또는 전통적인 “그레이” 인프라와 함께 활용함으로써 다양한 금융기관과 정부, 민간 투자자로부터의 새로운 편당 기회를 모색할 수 있다.

## 기업과의 대화 및 참여 증대

적극적 조율과 참여를 통해 지속가능한 개발 목표와 파리 협약을 실행하기 위한 기업의 약속도 증가하고 있다. 지속가능 개발 행동 2020 아젠다를 위한 세계 지속가능 발전 기업 위원회(World Business Council)와 같은 이니셔티브를 통해 기업은 습지를 포함한 자연자본을 보호하기 위한 투자의 필요성을 인식하게 되고 이를 매일 매일의 기업 활동에 어떻게 녹여 낼 수 있을지를 이해하게 된다. 기업은 기업의 사회적 책임 투자의 일환으로 습지를 지원할 수 있다. 다논은 2011년 설립한 생계 탄소 투자 펀드(Livelihoods Carbon Investment Fund)를 통해 세네갈의 카자망스(Casamance)와 시네-살룸(Sine-Saloum) 지역에 자리한 세계 최대 맹그로브 복원 프로젝트를 지원했는데 10,000 헥타르 면적에 7천 9백만 맹그로브를 재식목했다. 이 프로젝트는 투자자의 배출량을 상쇄할 수 있는 민간 탄소 크레딧을 제공한다(Livelihoods Funds; Giraud & Hemerick 2013).

상자 4.5

### 재생가능 에너지 정책과 목표로 인한 훼손 방지

자연 인프라의 복원은 재난 위험 저감에 도움이 될 수 있다. 네델란드는 “룸 포더 리버(Room for the River)” 이니셔티브의 일환으로 홍수 피해를 저감하기 위해 에이설강, 라인강, 렉강, 왈강의 범람지를 복원하였다. 태국 남부에서 맹그로브를 통해 얻은 폭풍 보호 편익의 가치는 헥타르 당 10,821 미달러이다. 꼬라비강 하구 람사르 사이트에서는 열대 폭풍우로부터 연안 공동체를 보호하고 해수면 상승 영향을 완화하기 위해 맹그로브를 복원했다.

이와 유사하게 중국 후베이성에서는 홍수 영향을 저감하기 위해 호수와 늪을 양쯔강에 재 연결 하였다. 습지 복원은 어족 자원 증가로 이어졌고 지역 사회의 수질도 개선되었다. 이탄지의 훼손과 배수가 엘니뇨(El Niño Southern

Oscillation) 가뭄과 겹쳐지면서 2015, 2016년에 인도네시아에서는 대단한 위력의 산불이 발생했다. 이에 대한 대응으로 인도네시아는 2백만 헥타르의 이탄지를 복원하기로 했다(Kumar *et al.* 2017b).

# 지속가능한 생산 및 소비 습관 촉진

에코 라벨 및 인증 이니셔티브는 습지 보전과 현명한 이용을 위한 행동 변화에 도움을 줄 수 있다. 지속가능한 방식으로 생산되었음을 보여주는 에코 라벨 또는 인증을 받은 제품을 소비자가 구매하는 경우 지속가능한 비즈니스에 대한 시장 인센티브가 창출된다. 습지 측면에서 보자면 버뮤다에 기반을 둔 보험사인 XL 캐틀린 (XL Catlin)은 국제 자연보전 협회 (The Nature Conservancy)와 함께 연안을 보호하는 염습지, 해초지, 산호초, 맹그로브에 중점을 둔 "블루 카본 크레딧"을 개발하고 있다 (Chasan 2018). 지속가능한 팜오일 생산을 위한 협의회 (Roundtable on Responsible Palm Oil),

국제 산림 관리 협의회 (Forest Stewardship Council)와 같은 인증 프로그램과 그 외 소고기, 콩 등에 대한 인증 프로그램은 습지와 같이 높은 보전 가치를 지닌 지역에 대한 훼손을 방지하는 표준을 가지고 있다 (Abell *et al.* 2015).

*람사르 전략 계획은 금융 및 그 외 자원 (타겟 17) 확보를 요청하고 있으며 아이치 생물다양성 목표 20은: "생물다양성 2011-2020의 효과적인 실행을 위한 모든 가능한 곳으로부터의 금융자원 동원"을 언급하고 있다.*

Terragr'Eau 바이오 가스 발전소는 지속가능한 농업을 지원하는 에너지원으로 예비양 취수 유역을 보호하며 예비양 미네랄 워터 수질이 장기적으로 유지될 수 있도록 기여하고 있다.



© Danone

상자 4.6

## 기업의 물스튜어드십

기업 참여는 단지 기업의 사회적 책임 프로젝트를 위한 포트폴리오 개발에만 그치는 것이 아니라 물을 추출해도 되는지, 된다면 얼마만큼의 물을 누가 추출하는지 등의 문제도 포함한다. 수질 관리 동맹 (Alliance for Water Stewardship)에서 정의한 "물 스튜어드십"이란 "사회적으로 공평하고 환경적으로 지속가능하며 경제적 편익을 실현하는 물의 사용은 현장 및 유역에 기반한 조치와 함께

이해관계자를 포함하는 프로세스를 통해 달성된다"고 정의하고 있다. 수질 관리 동맹은 "현장" (예, 시설/부지)과 "유역" 모두에서 물 스튜어드십을 실행하기 위해 민간 기업, 공공 기관 및 그 외 주체를 위한 자발적 표준을 마련했다.

출처: Newborne & Dalton (2016).

# 광범위한 개발 계획에 현명한 이용과 대중 참여 포함

그린 인프라 (GI)는 강유역 및 연안 지대를 포함한 습지 계획의 중요 요소이다. 이러한 맥락에서 GI는 건설된 “그레이” 인프라와 유사하다고 할 수 있으며 생태계서비스를 제공하는 자연 습지 또는 반자연 습지라 할 수 있다. 계획가, 엔지니어, 의사결정자는 물관리에 있어 때로는 그레이 인프라와 통합하는 GI 접근 방법을 취한다(UNEP 2014b).

환경유량 복원-수생태계 지속을 위해 필요한 수류 (water flow)의 질과 양 그리고 시점 - 을 통해 생태계서비스를 또한 유지하고 복원할 수 있다 (Yang *et al.* 2016). 머레이-달링 분지 (호주)와 펀치 강 (파키스탄)에서 대규모 시도가 이루어졌다 (Hardwood *et al.* 2017).

습지 관리와 의사 결정 과정에서의 공공 참여는 성공의 핵심 요소이다. 당사국의 74%가 습지 의사 결정에 이해 당사자의 참여를 촉진했다고 보고한 바 있으며 64%는 람사르 사이트 지정과 관리에 현지 이해 당사자를 참여시켰다고 밝혔다.

이는 지역사회 기반 관리를 포함할 수 있다. 2012년 캄보디아는 어업권과 어업 규정을 해당 지역 내 또는 주변 지역에서 살고 있는 주민이 참여하는 참여형 지역 공동체 어장에 이양했는데 (Kim *et al.* 2013) 이는 빈곤을 저감하고 관리를 개선하기 위해서였다. 2015년 800,000명의 자원봉사자들이 8백 1십만kg의 쓰레기를 전세계 연안 지역에서 수거했다 (Ocean Conservancy 2016). 일부 국가에서는 정부가 습지 관련 의무를 준수하도록 하기 위해 국민들이 사법 행동을 펼치기도 한다. 2017년 공익 소송에서 인도 대법원은 약 200,000개의 습지에 대한 국가 인벤토리를 명령했다 (Balakrishnan v. Union of India 2017).

*람사르 전략 계획은 현명한 이용 (목표 9)과 핵심 부문의 지속가능성 증대(목표13)를 요청하고 있다. 아이치 생물 다양성 목표6은 “2020년까지 생태 기반 접근을 적용하여 지속가능하고 합법적인 방법으로 모든 어류, 무척추 동물 및 수식물을 관리하고 수확하여야 한다”는 내용을 포함하고 있다.*

상자 4.7

## 인도네시아에서의 지역 공동체 복원 노력

1992년 쓰나미 플로레스가 북 누사 텡가라를 덮친 이후 여러 마을의 해안선이 최대 100m까지 침식되었고 폭풍 해일, 쓰나미, 태풍, 염수 침입으로 수천명의 연안 정주민이 위협에 놓이게 되었다. 기반시설과 농장이 바다에 노출되면서 경제 발전이 위협에 놓였다. 국제 습지 연합 (Wetlands International)은 현지 공동체와 정부, NGO, 학계와 함께 생태계 복원을 통한 지역사회 회복력을 높이기 위한 장기 프로세스를 시작했다. 탈리부라 (Talibura) 마을에서는 대나무, 목재, 종려 섬유, 모래 주머니, 코코넛 잎 등 지역에서 찾을 수 있는 자재를 이용하여 180m의 반투성 댐을 세웠다. 지역 공동체는 계속해서 이 접근 방법을 개선했다. 이 댐은 많은 비용이 들지 않으면서도 침식을 줄이고 연간 4.5-6.5cm의 비율로 퇴적물이 빠져나가지 않도록

가두었다. 8개월 후 맹그로브가 다시 자라기 시작했으며 물고기와 새우, 새가 증가했다. 이 지역 공동체는 2013년에 6,000그루의 맹그로브를 재식생했으며 이를 통해 해안선과 생계를 보호할 수 있었다.

출처: 람사르 협약 사무국 <https://tinyurl.com/jcu3r4g>

# 습지 관리에 다양한 관점을 통합

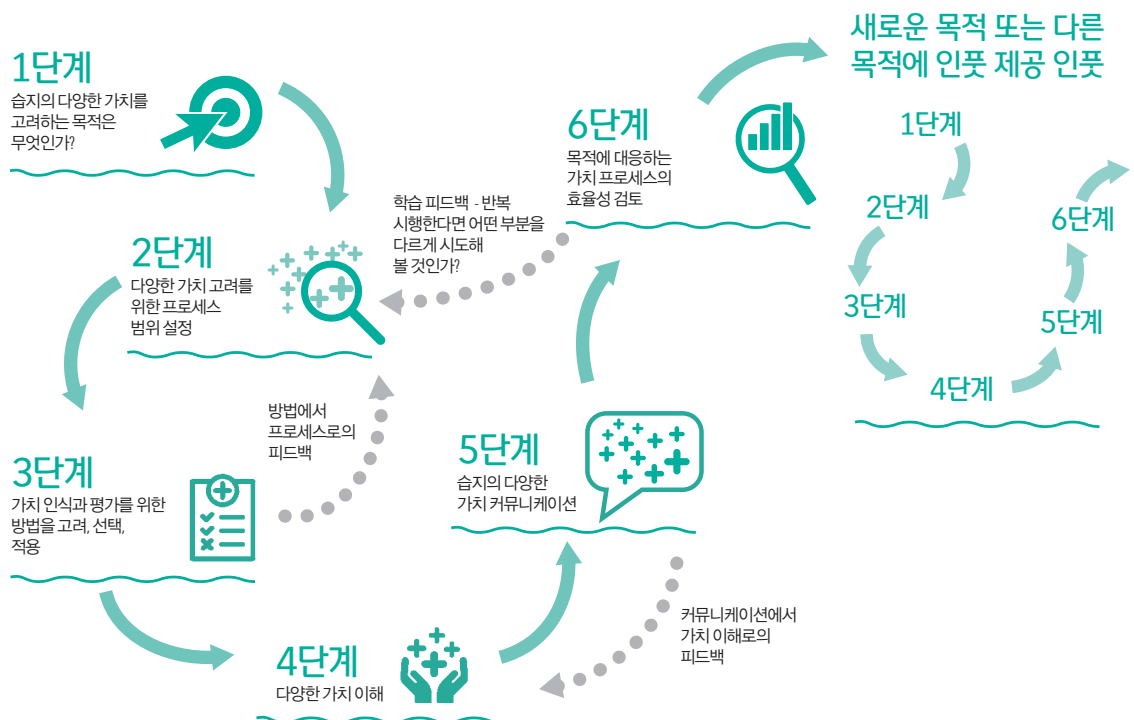
습지 보전과 현명한 이용에 대한 도전에 답을 찾기 위해서는 자연 과학에서 전통 지식에 이르기까지 다양한 견해와 전문성을 고려해야 한다. 일반적으로 많은 시민들의 지원이 있을 때 성공적인 습지 관리를 이룰 수 있다. 그러나 지원이라는 것은 단순한 이해와 참여가 아니라 서로 다른 다양한 권리를 가진 이들과 이해 관계자의 참여형 접근과 개입을 활용하는 것을 의미한다. 한 가지 중요한 점은 모든 관련된 목소리에 귀 기울이고 이를 수용하는 것이다.

토착민과 현지의 지식, 필요, 의견을 습지 관리에 수용하는 것의 중요성은 람사르 내·외적으로 인식되어 왔다(람사르 협약 사무국 2010c; Thaman *et al.* 2013). 일부 국가는 토착민과 현지 공동체로부터의 지식을 습지 관리 시 고려하도록 하기 위해 공식적인 프로세스와 파트너십을 두고 있다. 호주에서 토착민 공동체는 수로 평가를 통해 습지의 건강과 문화적 중요성 측정하고 있다. 국립 수자원 관리 기관은 이 정보를 환경적 물 관리에 활용하려 하고 있다.

습지는 생계 지원을 통한 수입 창출에서부터 문화적 연계, 정신적 충만함에 이르기까지 다양한 가치를 가지고 있다. 이와 같은 다양한 가치를 인식할 때 정책 결정자들은 편협한 부문 요소에 중점을 두는 것이 아니라 편익을 최적화할 수 있는 정책을 마련하게 된다(Kumar *et al.* 2017a). 습지의 다양한 가치와 사람에게 주는 다양한 편익은 그림 4.6의 6단계 연계 사슬을 통해 살펴볼 수 있다.

자연과 사회 간 관계를 바라보는 세계적 시각이 각기 상이하기 때문에 습지는 서로 다르게 그리고 때로는 상충적인 시각으로 이해된다. 효과적인 커뮤니케이션과 적극적인 지원 활동은 의사 결정자들과 시민 사회가 습지의 가치를 이해하고 이를 통해 습지 보전과 현명한 이용을 지원할 수 있도록 하는데 있어 매우 중요하다. 협약의 CEPA 프로그램(의사소통, 역량 강화, 교육, 참여, 인식증진)은 의사결정자들이 광역적 경관 계획과 지속가능 개발 맥락에서 습지를 이해하고 습지 의사 결정에 따른 장기적 영향을 이해하도록 하기 위한 틀을 제공한다.

그림 4.6  
습지의 다양한  
가치 인식  
(IPBES의 분석  
데이터 가공)



# 현명한 이용을 지원하기 위한 국가 습지 인벤토리의 업데이트 및 개선

국가습지인벤토리는 관리 및 정책 수립에 필요한 핵심 정보를 제공한다. 업데이트되고 개선된 인벤토리는 복원에 있어 습지를 최우선화하고 합리적으로 관리 노력을 할당할 수 있도록 한다. 인벤토리는 정책, 법, 규제 메커니즘의 효율성을 평가해 볼 수 있는 기준선을 제시하고 있으며 2018년부터는 SDG 6.6.1의 진전 상황을 추적하는데 사용될 것이다 (페이지 17 참고). 2002년 이래로 종합 국가 습지 인벤토리에 착수한 국가 수가 점진적으로 증가해왔으며 당사국 중 44%가 인벤토리 작업을 마무리 했고 29%는 현재 작성 중에 있다고 보고 되고 있다. 북미 (67%)와 유럽(62%)은 가장 높은 인벤토리 비율을 보이고 있는 지역이며 아시아(30%)의 비율이 가장 낮다 (그림 4.7. 참조).

## 지구 관측 시스템의 효과적 활용

위성 기반의 원격 센싱(지구 관측으로 알려짐)은 습지인벤토리, 평가 모니터링을 크게 바꾸어 놓았다(Davidson & Finlayson 2007). 최근 성능의 진보, 특히 공간해상도가 높은 환경에서 체계적이고 빈번하게 전 세계 위성 관측을 할 수 있게 되면서 습지 생태계 건강을 평가하는데 필수적인 계절적 간헐적 범람지에 나타나는 변화를 좀 더 잘 포착할 수 있게 되었다.(Rebello & Finlayson 2018). 예를 들어 글로벌 맹그로브 왓치 (Global Mangrove Watch)는 2017년 후반까지는 1996, 2007, 2008, 2009, 2010, 2015, 2016년에 글로벌 맹그로브 규모를 지도화하는 작업을 수행했으나 2018년부터는 매년 지도가 작성될 것으로 예상된다(<http://www.eorc.jaxa.jp/ALOS/en/kyoto/mangrovewatch.htm>).

그림 48

1996-2007에 확인된 기니비사우 맹그로브 복원. (1996년 맹그로브 피복 지역은 녹색, 1996-2007 획득 면적은 파랑).



그림 49

20년에 걸친 동칼리만탄의 맹그로브 소실. 1996년 맹그로브 피복은 붉은색, 2007년 노란색, 2016년 녹색.

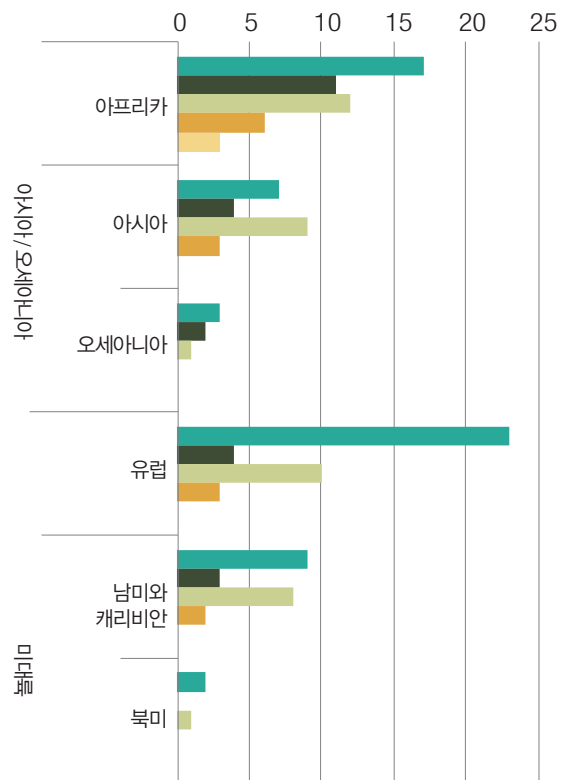
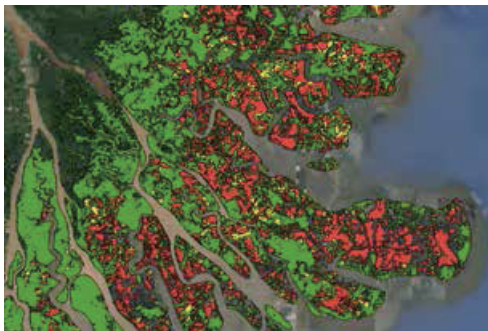


그림 47

국가 습지 인벤토리

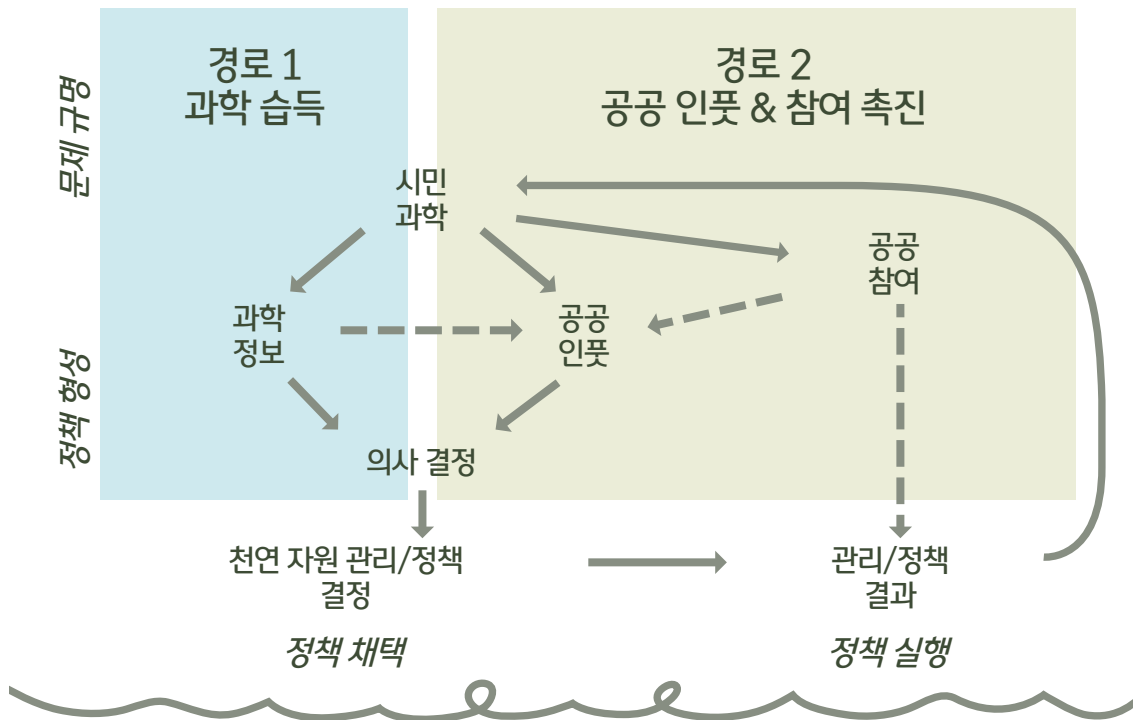
■ 있음                      ■ 계획됨  
■ 없음                      ■ 응답 없음  
■ 진행중

# 시민 과학을 최대 활용

습지 관리와 정책 입안을 위해 필요한 모든 지식이 비용 집약적이고 고차원적인 모니터링을 필요로 하는 것은 아니다. 기술의 진보로 시민 과학이라 불리는 자원 활동가를 이용한 비용 효율적인 데이터 취합이 가능해졌으며 (Tulloch *et al.* 2013), 이는 데이터 갭을 메울 수 있는 선택권을 확대해 주었다 (McKinley *et al.* 2017). 우리가 알고 있는 물새 현황과 변화 추이에 대한 상당부분의 정보는 지난 70년 동안의 국제 물새류 센서스 (International Waterbird Census)의 자발적 모니터링으로 확보된

것이다(Amano *et al.* 2018). 시민 과학 활용의 최근 사례로 탄자니아 강에서의 클라우드 소싱 수문학 모니터링 (스위스 개발 협력처 (Swiss Agency for Development and Cooperation) 2017); 중국 황푸 (Huangpu)강의 부영양화 동인 규명 (Zhang *et al.* 2017); 미국 북동부 봄못(Vernal pools)매핑 및 조사(McGreavy *et al.* 2016)를 들 수 있다.

**그림 4.10**  
 시민과학은 “정책 사이클”의 여러 단계에서 정책 개발과 실행에 영향을 미칠 수 있다.  
 출처: McKinley *et al.* (2017).



## 사례연구: AEWA 보전 현황 평가

현장에서의 모니터링 및 보전 행동은 물새 상태의 개선으로 이어질 수 있다.

아프리카유라시아 이동성 물새 협정(AEWA: African-Eurasian Migratory Waterbird Agreement) 지역 전반에 걸쳐 555종의 생물지리학적 물새 개체 현황이 지속적으로 악화되었고 때로는 악화 속도가 매우 빠르게 나타났다. 람사르 협약 당사국의 수가 적고 물새 현황에 대한 지식이 부족한 곳에서는 악화 정도가 높게 나타났다. 반면 보전 조치가

이루어지고 핵심지역이 보호되며 개발이 잘 관리되어 이루어지는 곳에서는 상황이 개선되고 있다. 자원활동 탐조자들에 의한 좀 더 나은 모니터링이 이루어지는 경우 좀 더 많은 보호지역 지정으로 이어졌으며 결과적으로 물새 보전이 더욱 잘 이루어 졌다.

출처: Nagy *et al.* (2015).



## 5. 결론

---

분석에 따르면 전세계적으로 습지는 심각한 어려움에 처해 있으며 면적과 질적인 면에서 악화되고 있고 가중되는 스트레스 하에 놓여 있다. 그러나 다행스럽게도 아직까지는 방대한 습지가 남아 있으며 습지가 제공하는 많은 생태계서비스 편익을 누리고 있다. 람사르 협약 전략 계획 (Ramsar Convention's Strategic Plan)은 습지 보전과 현명한 이용을 통해 이 감소 추세를 멈추거나 되돌리며 UN의 지속가능 개발 목표를 이행하는데 있어 습지가 중요한 역할을 담당할 수 있는, 지금과는 다른 미래를 위한 청사진을 제시하고 있다.

# 미래를 향하여

## 세계적 감소

양적 질적면에서 습지는 지속적으로 감소하고 있다. 이는 식량 및 물 안보 저하 등을 통해 인류 삶에 부정적인 결과를 주며 생태계서비스 및 생물 다양성 감소에 즉각적이며 장기적 영향을 미치고 있다. 람사르 협약은 이와 같은 글로벌 감소 추세를 중지하고 되돌리기 위한 국가적 노력을 펼칠 수 있도록 가이드 라인 및 방법을 제시하고 있다.

## 그럼에도 막대한 자원

이러한 상황에도 불구하고 세계적으로 여전히 그린랜드에 비견되는 규모의 습지가 남아 있으며 식량과 담수의 공급에서부터 탄소 격리, 재난 저감, 좀 더 무형적으로는 미적, 정신적 가치에 이르기까지 생태계서비스 측면에서 거대한 편익을 제공하고 있다. 효과적인 습지 관리와 복원을 통해 이와 같은 편익을 지속하고 확대할 때 인류는 지속적인 혜택을 받게 될 것이다.

## 그러나 질적 저하

습지 훼손이 광범위하게 나타나고 있지만 이에 대한 대응의 한 일환으로 정치계와 사회 전 부문에서 습지의 생태계서비스에 대한 인식도 증대하고 있다. 람사르 협약은 다양한 사회 부문의 참여와 습지의 지속가능한 개발을 지원하고 추가적인 저하를 예방하기 위한 세계적 이니셔티브에 기여하기 위해 적극적인 움직임을 취해 왔다.

## 지속가능한 개발 목표의 역할

지속가능 개발 목표는 습지 보호를 위한 편리하고 시의적절한 틀을 제공하며 이를 통해 CBD의 아이치 생물다양성 목표, UNFCCC의 파리 협약, UNCCD의 토지 황폐화 같은 여타 글로벌 이니셔티브로부터의 지원 또한 받을 수 있다. 이와 같은 이니셔티브를 통해 좀 더 큰 차원의 협력을 이루고 관련 프로세스에 대한 공동 관리를 실행할 때 람사르 협약의 목표와 비전 달성을 위해 한 걸음 더 전진할 수 있다.

## 람사르 미션

람사르 협약 전략 계획은 효과적인 습지 보전과 현명한 이용에 대한 분명한 로드맵을 제시하고 있으며 글로벌 습지 면적에 관한 모니터링 지표 6.6.1에 대한 공동 관리자로서 지속가능한 개발 목표와의 공식 연계에 관한 내용을 포함하고 있다. 지구 습지 전망 (Global Wetland Outlook)은 이 목표를 달성하기 위한 중요한 단계이다.

## 파트너와의 협약

람사르는 람사르 자문단 (Ramsar Advisory Missions), 지역 이니셔티브, 심각한 압력 하에 있는 람사르 사이트를 조명하기 위한 몽트뢰 목록 (Montreux Record) 적용의 재확대, 습지의 생태적 특성 유지 및 지속적인 습지 편익 향유를 위한 습지의 현명한 이용에 대한 기술 가이드라인을 통해 협약 당사국을 지속적으로 지원할 것이다.

## 6. 참고문헌

---



- ABC. (2017). New Zealand's Whanganui River granted legal status as a person after 170-year battle. <http://www.abc.net.au/news/2017-03-16/nz-whanganui-river-gets-legal-status-as-person-after-170-years/8358434>
- Abell, R., Morgan, S.K. & Morgan, A.J. (2015). Taking high conservation value from forests to freshwaters. *Environmental Management*, 56(1), 1-10.
- Acreman, M.C., Fisher, J., Stratford, C.J., Mould, D.J. & Mountford, J.O. (2007). Hydrological science and wetland restoration: some case studies from Europe. *Hydrology and Earth System Sciences Discussions*, 11(1), 158-169.
- Adaman, F., Hakyemez, S. & Özkaynak, B. (2009). The political ecology of a Ramsar Site conservation failure: the case of Burdur Lake, Turkey. *Environment and Planning C: Government and Policy*, 27(5), 783-800.
- Airolidi, L. & Beck, M.W. (2007). Loss, status and trends for coastal marine habitats of Europe. *Oceanography and Marine Biology: An Annual Review*, 45, 345-405.
- Allen, D.J., Molur, S. & Daniel, B.A. (Compilers). (2010). *The status and distribution of freshwater biodiversity in the Eastern Himalaya*. Cambridge, UK & Gland, Switzerland: IUCN; Coimbatore, India: Zoo Outreach Organisation.
- Allen, D.J., Smith, K.G. & Darwall, W.R.T. (Compilers). (2012). *The status and distribution of freshwater biodiversity in Indo-Burma*. Cambridge, UK & Gland, Switzerland: IUCN.
- Amano, T., Székely, T., Sandel, B., Nagy, S., Mundkur, T., et al. (2018). Successful conservation of global waterbird populations depends on effective governance. *Nature*, 553, 199-202.
- Anderson, L.G., Rocliffe, S., Haddaway, N.R. & Dunn, A.M. (2015). The role of tourism and recreation in the spread of non-native species: A systematic review and meta-analysis. *PLoS ONE*, 10(10), e0140833.
- Arias-Estévez, M., López-Periago, E., Martínez-Carballo, E., Simal-Gándara, J., Mejuto, J.C. & García-Río, L. (2008). The mobility and degradation of pesticides in soils and the pollution of groundwater resources. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 123(4), 247-260.
- Australian Government, Department of Environment and Energy. Conservation covenants. <https://www.environment.gov.au/topics/biodiversity/biodiversity-conservation/conservation-covenants>
- Baker, A.C., Glynn, P.W. & Riegl, B. (2008). Climate change and coral reef bleaching: An ecological assessment of long-term impacts, recovery trends and future outlook. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 80(4), 435-471.
- Balakrishnan v. Union of India (2017). (Supreme Court of India).
- Barbier, E.B., Hacker, S.D., Kennedy, C., Koch, E.W., Stier, A.C. & Silliman, B.R. (2011). The value of estuarine and coastal ecosystem services. *Ecological Monographs*, 81(2), 169-193.
- Barker, N.H.L. & Roberts, C.M. (2004). Scuba diver behaviour and the management of diving impacts on coral reefs. *Biological Conservation*, 120(4), 481-489.
- Bartley, D.M., De Graaf, G.J., Valbo-Jørgensen, J. & Marmulla, G. (2015). Inland capture fisheries: status and data issues. *Fisheries Management and Ecology*, 22, 71-77.
- Batker, D., de la Torre, I., Costanza, R., Swedeen, P., Day, J., et al. (2010). *Gaining ground. Wetlands, hurricanes and the economy: the value of restoring the Mississippi River Delta*. Tacoma, Washington: Earth Economics.
- Beaman, J., Bergeron, C., Benson, R., Cook, A.M., Gallagher, K., et al. (2016). State of the Science White Paper. A summary of literature on the chemical toxicity of plastics pollution to aquatic life and aquatic-dependent wildlife. Report EPA-822-R-16-009. Washington, DC: Environmental Protection Agency.
- Bedford, B.L., Walbridge, M.R. & Aldous, A. (1999). Patterns in nutrient availability and plant diversity of temperate North American wetlands. *Ecology*, 80, 2151-2169.
- Bennett, S.J., Barrett-Lennard, E.G. & Colmer, T.D. (2009). Salinity and waterlogging as constraints to saltland pasture production: a review. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 123, 349-360.
- Bilz, M., Kell, S.P., Maxted, N. & Lansdown, R.V. (2011). *European Red List of Vascular Plants*. Luxembourg: Publications Office of the European Union.
- BirdLife International. (2015). *Report by BirdLife International to the Ramsar Convention on wetland indicators*. Cambridge, UK.
- BirdLife International. (2015a). *European Red List of Birds*. Luxembourg: Office of Official Publications of the European Communities.
- BirdLife International Africa. (2017). South Africa gets first biodiversity tax incentive. <http://www.birdlife.org/africa/news/south-africa-gets-first-biodiversity-tax-incentive>
- BirdLife International. (2018). *State of the world's birds: taking the pulse of the planet*. Cambridge, UK: BirdLife International.
- Blann, K.L., Anderson, J., Sands, G.R. & Vondracek, B. (2009). Effects of agricultural drainage on aquatic ecosystems: a review. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, 39, 909-1001.
- Bonells, M. (2012). Private nature reserves: an innovative wetland protection mechanism to fill in the gaps left by the SWANCC and Rapanos rulings. *Environ*, 36(3), 1-34.
- Brander, L.M., Florax, J.G.M. & Vermaat, J.E. (2006). The empirics of wetland valuation: a comprehensive summary and meta-analysis of the literature. *Environmental and Resource Economics*, 33, 223-250.
- Brimblecombe, P. (2011). *The big smoke: a history of air pollution in London since medieval times*. London: Routledge.
- Brouwer, R., Langford, I.H., Bateman, I.J. & Turner, R.K. (1999). A meta-analysis of wetland contingent valuation studies. *Regional Environmental Change*, 1, 47-57.
- Bullock, A. & Acreman, M. (2003). The role of wetlands in the hydrologic cycle. *Hydrology and Earth System Science*, 7, 358-389.
- Bundsschuh, J., Litter, M.I., Parvez, F., Román-Ross, G., Nicolli, H.B., et al. (2012). One century of arsenic exposure in Latin America: a review of history and occurrence from 14 countries. *Science of the Total Environment*, 429, 2-35.
- Bünemann, E.K., Schwenke, G. & Van Zwieten, L. (2006). Impacts of agricultural impacts on soil organisms – a review. *Australian Journal of Soil Research*, 44(4), 379-406.
- Bush, E.R., Short, R.E., Milner-Gulland, E.J., Lennox, K., Samoilys, M. & Hill, N. (2017). Mosquito net use in an artisanal East African fishery. *Conservation Letters*, 10(4), 451-459.
- Butchart, S.H., Akçakaya, H.R., Chanson, J., Baillie, J.E.M., Collen, B., et al. (2007). Improvements to the Red List Index. *PLoS ONE*, 2(1), e140.
- Carandang, A.P. (2012). Assessment of the contribution of forestry to poverty alleviation in the Philippines. In Food and Agriculture Organization of the United Nations, Regional Office for Asia and the Pacific. *Making forestry work for the poor: Assessment of the contribution of forestry to poverty alleviation in Asia and the Pacific*. pp. 267-292. RAP Publication 2012/06. Bangkok: FAO.
- Carpenter, K.E., Abrar, M., Aeby, G., Aronson, R.B., Banks, S., et al. (2008). One-third of reef-building corals face elevated extinction risk from climate change and local impacts. *Science*, 321, 560-563.
- Carrizo, S.F., Jähnig, S.C., Bremerich, V., Freyhof, J., Harrison, I., et al. (2017). Freshwater megafauna: flagships for freshwater biodiversity under threat. *Bioscience*, 67(10), 919-927.
- Chasan, E. (2018). Insurer to invest in coastal wetlands to mitigate storm damages. Bloomberg, <https://www.bloomberg.com/news/articles/2018-05-11/insurer-to-invest-in-coastal-wetlands-to-mitigate-storm-damages> Accessed 12 May 2018.
- Chuang, Y., Yang, H. & Lin, H. (2009). Effects of thermal discharge from a nuclear power plant on phytoplankton and periphyton in sub-tropical coastal waters. *Journal of Sea Research*, 61, 197-205.
- Clausnitzer, V., Kalkman, V.J., Ram, M., Collen, B., Baillie, J.E.M., et al. (2009). Odonata enter the biodiversity crisis debate: the first global assessment of an insect group. *Biological Conservation*, 142(8), 1864-1869.
- Collen, B., Whitton, F., Dyer, E.E., Baillie, J.E.M., Cumberlidge, N., et al. (2014). Global patterns of freshwater species diversity, threat and endemism. *Global Ecology and Biogeography*, 23, 40-51.
- Comeros-Raynal, M.T., Choat, J.H., Polidoro, B.A., Clements, K.D., Abesamis, R., et al. (2012). The likelihood of extinction of iconic and dominant herbivores and detritivores of coral reefs: the parrotfishes and surgeonfishes. *PLoS ONE*, 7(7): e39825.

- Convention on Biological Diversity (CBD) & Ramsar Convention. (2006). Guidelines for the rapid ecological assessment of biodiversity in inland water, coastal and marine areas. Montreal: CBD Technical Series no. 22 and Ramsar Technical Report no. 1.
- Convention on Biological Diversity (CBD). (2010). *Decision X/2: The Strategic Plan for Biodiversity 2011-2020 and the Aichi Biodiversity Targets*. Decision adopted by the Conference of the Parties to the Convention on Biological Diversity at its Tenth Meeting. UNEP/CBD/COP/DEC/X/2. Retrieved from <https://www.cbd.int/sp/default.shtml>
- Convention on Biological Diversity (CBD). (2014). *Global Biodiversity Outlook 4*. Montreal.
- Cormier-Salem, M.-C. (2014). Participatory governance of Marine Protected Areas: a political challenge, an ethical imperative, different trajectories. *S.A.P.I.E.N.S.*, 7(2).
- Costanza, R., de Groot, R., Sutton, P., Van der Ploeg, S., Anderson, S.J., et al. (2014). Changes in the global value of ecosystem services. *Global Environmental Change*, 26, 152-158.
- Craft, C.B. & Richardson C.J. (1993). Peat accretion and N, P, and organic C accumulation in nutrient-enriched and unenriched Everglades peatlands. *Ecological Applications*, 3, 446-458.
- Craig, L.S., Olden, J.D., Arthington, A.H., Entekin, S., Hawkins, C.P., et al. (2017). Meeting the challenge of interacting threats in freshwater systems: a call to scientists and managers. *Elementa: Science of the Anthropocene*, 5, 72. DOI <http://doi.org/10.1525/elementa.256>.
- Cronk, J.K. & Fennessy, M.S. (2001). *Wetland Plants: Biology and Ecology*. Boca Raton, FL: CRC Press/Lewis Publishers.
- Cuttelod, A., Seddon, M. & Neubert, E. (2011). *European Red List of Non-marine Molluscs*. Luxembourg: Publications Office of the European Union.
- Dahl, T.E. (2000). *Status and trends of wetlands in the conterminous United States 1986 to 1997*. Washington, DC: U.S. Department of the Interior, Fish and Wildlife Service.
- Dahl, T.E. (2006). *Status and trends of wetlands in the conterminous United States 1998 to 2004*. U.S. Washington, DC: U.S. Department of the Interior, Fish and Wildlife Service.
- Dahl, T.E. (2011). *Status and trends of wetlands in the conterminous United States 2004 to 2009*. U.S. Washington, DC: U.S. Department of the Interior, Fish and Wildlife Service.
- Dahl, T.E. & Johnson, C.E. (1991). *Status and Trends of Wetlands in the Conterminous United States, Mid-1970s to Mid-1980s*. Washington, DC: Department of the Interior, Fish and Wildlife Service.
- Daly-Hassen, H. (2017). *Valeur économique des services écosystémiques du Parc National de l'Ichkeul, Tunisie*. Gland, Switzerland & Malaga, Spain: IUCN. Retrieved from [http://www.ramsar.org/sites/default/files/documents/library/valeur\\_economique\\_ichkeul\\_f.pdf](http://www.ramsar.org/sites/default/files/documents/library/valeur_economique_ichkeul_f.pdf)
- Darwall, W.R.T., Smith, K.G., Allen, D.J., Holland, R.A., Harrison, I.J. & Brooks, E.G.E. (eds). (2011). *The Diversity of Life in African Freshwaters: Under Water, Under Threat. An analysis of the status and distribution of freshwater species throughout mainland Africa*. Cambridge, United Kingdom & Gland, Switzerland: IUCN.
- Davidson, N.C. (2014). How much wetland has the world lost? Long-term and recent trends in global wetland area. *Marine and Freshwater Research*, 65(10), 934-941.
- Davidson, N.C. (2017). Wetland losses and the status of wetland-dependent species. In C.M. Finlayson, N. Davidson, G.R. Milton & C. Crawford (eds). *The wetland book: distribution, description and conservation*. Dordrecht: Springer.
- Davidson, N.C. & Finlayson, C.M. (2007). Earth Observation for wetland inventory, assessment and monitoring. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Systems*, 17(3), 219-228.
- Davidson, N.C. & Finlayson, C.M. (2018). Extent, regional distribution and changes in area of different classes of wetland. *Marine & Freshwater Research* (in press).
- Davidson, N.C., Fluet-Chouinard, E. & Finlayson, C.M. (2018). Global extent and distribution of wetlands: trends and issues. *Marine and Freshwater Research* doi.org/10.1071/MF17019.
- Davidson, N.C., Laffoley, D. d'A., Doody, J.P., Way, L.S., Gordon, J., et al. (1991). *Nature conservation and estuaries in Great Britain*. Peterborough: Nature Conservancy Council.
- Davies, J., Hill, R., Walsh, F.J., Sandford, M., Smyth, D. & Holmes, M.C. (2013). Innovation in management plans for community conserved areas: experiences from Australian indigenous protected areas. *Ecology and Society*, 18(2), 14.
- Davies, T.W., Duffy, J.P., Bennie, J. & Gaston, K.J. (2014). The nature, extent, and ecological implications of marine light pollution. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 12(6), 347-355.
- De, A., Bose, R., Kumar, A. & Mozumdar, S. (2014). Targeted delivery of pesticides using biodegradable polymeric nanoparticles. *Springer Briefs in Molecular Science*, pp. 5-6.
- de Fouw, J., Govers, L. L., van de Koppel, J., van Belzen, J., Dorigo, W., et al. (2016). Drought, mutualism breakdown, and landscape-scale degradation of seagrass beds. *Current Biology*, 26(8), 1051-1056.
- de Grave, S., Smith, K., Adeler, N.A., Allen, D., Alvarez, F., et al. (2015). Dead shrimp blues: a global assessment of extinction risk in freshwater shrimps (Crustacea: Decapoda: Caridea). *PLOS One* doi.org/10.1371/journal.pone.0120198
- De Groot, R.S., Brander, L., van der Ploeg, S., Costanza, R., Bernard, F., et al. (2012). Global estimates of the value of ecosystems and their services in monetary units. *Ecosystem Services*, 1(1), 50-61.
- de Guenni, L.B., Cardoso, M., Goldammer, J., Hurr, G., Mata, L.J., et al. (2005). Regulation of Natural Hazards: Floods and Fires. In: *Millennium Ecosystem Assessment. Ecosystems and Human Well-being: Current State and Trends*. pp.441-454.
- <http://www.unep.org/maweb/documents/document.285.aspx.pdf>.
- Dee, L.E., Horii, S.S. & Thornhill, D.J. (2014). Conservation and management of ornamental coral reef wildlife: successes, shortcomings, and future directions. *Biological Conservation*, 169, 225-237.
- Delucchi, M.A. (2010). Impacts of biofuels on climate change, water use, and land use. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1195(1), 28-45.
- Department of the Environment. (2016). Wetlands and Indigenous values. Australian Government, Department of the Environment. [Online.] <https://www.environment.gov.au/system/files/resources/b04e5e2a-4256-4548-974e-00f7d84670a9/files/factsheet-wetlands-indigenous-values.pdf>.
- Derraik, J.G.B. (2002). The pollution of the marine environment by plastic debris: a review. *Marine Pollution Bulletin*, 44, 842-852.
- Díaz, S., Demissew, S., Carabias, J., Joly, C., Lonsdale, M., et al. (2015). The IPBES Conceptual Framework—connecting nature and people. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 14, 1-16.
- Dixon, M.J.R., Loh, J., Davidson, N.C. & Walpole, M.J. (2016). Tracking global change in ecosystem area: The Wetland Extent Trends Index. *Biological Conservation*, 193, 27-35.
- Dodds, W.K., Perkin, J.S. & Gerken, J.E. (2013). Human impact on freshwater ecosystem services: a global perspective. *Environmental Science and Technology*, 47(16), DOI10.1021/es4021052.
- Dymond, J.R., Ausseil, A.E., Peltzer, D.A. & Herzig, A. (2014). Conditions and trends of ecosystem services in New Zealand—a synopsis. *Solutions*, 5(6), 38-45.
- Edgar, G.J., Stuart-Smith, R.D., Willis, T.J., Kininmonth, S., Baker, S.C., et al. (2014). Global conservation outcomes depend on marine protected areas with five key features. *Nature*, 506, 216-220.
- Edwards, P. (2014). Aquaculture environment interaction: past, present and likely future trends. *Aquaculture*, 447, 2-14.
- EEA. (2014). *Progress in management of contaminated sites*. Copenhagen: European Environment Agency.
- EEA. (2015). *European environment — state and outlook 2015: Assessment of global megatrends*. Copenhagen: European Environment Agency.
- Eherenfeld, J. (2003). Effects of exotic plant invasions on soil nutrient cycling processes. *Ecosystems*, 6, 503-513.
- Elder, J.F., Rybicki, N.B., Carter, V. & Weintraub, V. (2000). Sources and yields of dissolved carbon in Northern Wisconsin stream catchments with differing amounts of peatland. *Wetlands*, 20, 113-125.
- Erickson, J.E., Peresta, G. Montovan, K.J. & Drake, B.G. (2013). Direct and indirect effects of elevated atmospheric CO2 on net ecosystem production in a Chesapeake Bay tidal wetland. *Global Change Biology*, 19, 3368-3378.

- Eriksen, M., Mason, S., Wilson, S., Box, C., Zellers, A., et al. (2013). Microplastic pollution in the surface waters of the Laurentian Great Lakes. *Marine Pollution Bulletin*, 77, 177-182.
- Eriksen, M., Lebreton, L.C., Carson, H.S., Thiel, M., Moore, C.J., et al. (2014). Plastic pollution in the world's oceans: more than 5 trillion plastic pieces weighing over 250,000 tons afloat at sea. *PLoS one*, 9(12), p.e111913.
- Eriksson, B.K., van der Heide, T., van de Koppel, J., Piersma, T., van der Veer, H.W., & Olf, H. (2010). Major changes in the ecology of the Wadden Sea: human impacts, ecosystem engineering and sediment dynamics. *Ecosystems*, 13, 752-764.
- Erwin, K. (2009). Wetlands and global climate change: the role of wetland restoration in a changing world. *Wetlands Ecology and Management*, 17, 71-84.
- European Commission. (2012). *Blueprint to Safeguard Europe's Water Resources*. Brussels, Belgium: European Commission.
- European Commission. (2013). Report of the Commission to the Council and the European Parliament on the Implementation of Council Directive 91/676/EEC concerning the protection of waters against pollution caused by nitrates from agricultural sources based on Member State reports for the period 2008-2011. Brussels, Belgium: European Commission.
- European Commission. (2017). Biofuels. <https://ec.europa.eu/energy/en/topics/renewable-energy/biofuels>
- Ewers Lewis, C.J., Carnell, P.E., Sanderman, J., Baldock, J.A. & Macreadie, P.I. (2018). Variability and vulnerability of coastal "blue carbon" stocks: A case study from Southeast Australia. *Ecosystems*, 21, 263-279.
- Fabrizius, K.E. (2005). Effects of terrestrial runoff on the ecology of corals and coral reefs: review and synthesis. *Marine Pollution Bulletin*, 50(2), 125-146.
- Famiglietti, J.S. (2014). The global groundwater crisis. *Nature Climate Change*, 4, 945-948.
- FAO. (2011). *The state of the world's land and water resources for food and agriculture (SOLAW) – Managing systems at risk*. Rome and London: Food and Agriculture Organization of the United Nations, and Earthscan.
- FAO. (2014). *The state of world fisheries and aquaculture: opportunities and challenges*. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- FAO. (2015). *World fertilizer trends and outlooks to 2018*. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- FAO. (2016a). *Global Forest Resource Assessment (GFRA) summary 2015*. Rome: Food & Agriculture Organisation.
- FAO. (2016b). *The state of world fisheries and aquaculture 2016*. Rome: Food and Agriculture Organization.
- FAO & ITPS. (2015). *Status of the World's Soil Resources (SWSR) – Main Report*. Rome: Food and Agriculture Organization and Intergovernmental Technical Panel on Soils.
- FAO–AquaStat Dams Database. <http://www.fao.org/nr/water/aquastat/dams/index.stm>
- FAO Fishstat database. <http://www.fao.org/fishery/statistics/global-capture-production/en>
- FAOSTAT (<http://www.fao.org/faostat/en/#data>).
- Faulkner, S. (2004). Urbanization impacts on the structure and function of forested wetlands. *Urban Ecosystems*, 7(2), 89-106.
- Finlayson, C.M. (2017). Climate change and wetlands. In C.M. Finlayson, M. Everard, K. Irvine, R.J. McInnes, B.A. Middleton, et al. (eds) *The Wetland Book*. Springer.
- Finlayson, C.M., Capon, S.J., Rissik, D., Pittock, J., Fisk, G., et al. (2017). Adapting policy and management for the conservation of important wetlands under a changing climate. *Marine and Freshwater Research*, 68, 1803-1815.
- Finlayson, C.M., Clarke, S.J., Davidson, N.C. & Gell, P. (2016). Role of palaeoecology in describing the ecological character of wetlands. *Marine and Freshwater Research*, 67(6), 687-694.
- Finlayson, C.M., Davidson, N., Pritchard, D., Milton, G.R. & MacKay, H. (2011). The Ramsar Convention and ecosystem-based approaches to the wise use and sustainable development of wetlands. *Journal of International Wildlife Law and Policy*, 14, 176-198.
- Finlayson, C.M., de Groot, R.S., Hughes, F.M.R. & Sullivan, C.A. (2018). Freshwater ecosystem services and functions. In J.M.R. Hughes (ed). *Freshwater Ecology and Conservation: A Handbook of Techniques*. Oxford: Oxford University Press. (in press).
- Flury, M. (1996). Experimental evidence of transport of pesticides through field soils—a review. *Journal of Environmental Quality*, 25(1), 25-45.
- Frazer, W.E., Monahan, T.J., Bowden, D.C. & Graybill, F.A. (1983). Status and trends of wetlands and deepwater habitats in the conterminous United States, 1950s to 1970s. Fort Collins: Colorado State University.
- Free, C.M., Jensen, O.P., Mason, S.A. Eriksen, M., Williamson, N.J. & Boldgiv, B. (2014). High-levels of microplastic pollution in a large, remote, mountain lake. *Marine Pollution Bulletin*, 85, 156-163.
- Freyhof, J. & Brooks, E. (2011). *European Red List of Freshwater Fishes*. Luxembourg: Publications Office of the European Union.
- Froend, R.H., Horwitz, P. & Sommer, B. (2016). Groundwater dependent Wetlands. In: Finlayson C.M., Milton G., Prentice R. & Davidson N. (eds.) *The Wetland Book*. Dordrecht, Springer.
- Garcia, N., Harrison, I., Cox, N. & Tognelli, M.F. (eds.) (2008). *The Status and Distribution of Freshwater Biodiversity in the Arabian Peninsula*. Gland, Switzerland, Cambridge, UK and Arlington, US: IUCN
- García Criado, M., Väre, H., Nieto, A., Bento Elias, R., Dyer, R., et al. (2017). *European Red List of lycopods and ferns*. Brussels, Belgium: IUCN.
- García-Moreno, J., Harrison, I.J., Dudgeon, D., Clausnitzer, V., Darwall, W., et al. (2015). Sustaining freshwater biodiversity in the Anthropocene. In: Bhaduri, A., Bogardi, J., Leentvaar, J. & Marx, S. (eds.) *The Global Water System in the Anthropocene*. Springer.
- Gardner, R.C., Bonells, M., Okuno, E. & Zarama, J.M. (2012). *Avoiding, mitigating, and compensating for loss and degradation of wetlands in national laws and policies*. Ramsar Scientific and Technical Briefing Note no. 3. Gland, Switzerland: Ramsar Convention Secretariat.
- Gardner, R.C. & Connolly, K.D. (2007). The Ramsar Convention on wetlands: assessment of international designations within the United States. *Environmental Law Review*, 37, 10089-10113.
- Gardner, R.C., Connolly, K.D. & Bamba, A. (2009). African Wetlands of International Importance: assessment of benefits associated with designations under the Ramsar Convention. *Georgetown International Environmental Law Review*, 21(2), 257-294.
- Gardner, R.C. & Davidson, N.C. (2011). The Ramsar Convention. In B.A. LePage (ed). *Wetlands: integrating multidisciplinary concepts*. pp. 189-203. Dordrecht: Springer.
- Gardner, R.C. & Grobicki, A. (2016). Synergies between the Convention on Wetlands of International Importance, especially as Waterfowl Habitat and other multilateral environmental agreements: possibilities and pitfalls. In UN Environment. *Understanding synergies and mainstreaming among the biodiversity related conventions: A special contributory volume by key biodiversity convention secretariats and scientific bodies*. pp. 54-67. Nairobi, Kenya: UN Environment.
- GEF. (2012). *Impacts of marine debris on biodiversity: current status and potential solutions*. Technical Series No. 67. Montreal: Secretariat of the Convention on Biological Diversity and Scientific and Technical Advisory Panel-GEF.
- GEF. (2016). Belarus' degraded peatlands: a chance to become mires again. <https://www.thegef.org/news/belarus-degraded-peatlands-chance-become-mires-again>
- Genovesi, P., Carboneras, C., Vilà, M. & Walton, P. (2014). EU adopts innovative legislation on invasive species: a step towards a global response to biological invasions? *Biological Invasions*, 17(5), 1307-1311.
- Gevers, G.J.M., Koopmanschap, E.M.J., Irvine, K., Finlayson, C.M. & van Dam, A. (2016). Capacity development for wetland management. In C.M. Finlayson, M. Everard, K. Irvine, R.J. McInnes, B.A. Middleton, et al. (eds.) *The Wetland Book I: Structure and Function, Management and Methods*. Dordrecht: Springer Publishers.
- Ghermandi, A., van den Bergh, J.C.J.M., Brander, L.M., de Groot, H.L.F. & Nunes, P.A.L.D. (2010). The values of natural and human-made wetlands: a meta-analysis. *Water Resources Research*, 46, W12516.
- Giosan, L., Syvitski, J., Constantinescu, S. & Day, J. (2014). Protect the world's deltas. *Nature*, 516,31-33.
- Giraud, B. & Hemerick, R. (2013). What if carbon was much more than just a funding mechanism? *Field Action Science Reports, Special Issue 7: Livelihoods*. Retrieved from <http://factsreports.revues.org/2106>.

- Global Mangrove Watch [source for table 2.2, figures 4.8 and 4.9 and text above figures] [www.globalmangrovetwatch.org](http://www.globalmangrovetwatch.org)
- Goldberg, J., Marshall, N., Birtles, A., Case, P., Bohensky, E., et al. (2016). Climate change, the Great Barrier Reef and the response of Australians, *Palgrave Communications*. DOI: 10.1057/palcomms.2015.46.
- Golden, H., Sander, H.A., Lane, C.R., Zhao, C., Price, K., et al. (2016). Relative effects of geographically isolated wetlands on streamflow: a watershed-scale analysis. *Ecohydrology*, 9, 21-38.
- Gorham E. (1991). Northern peatlands: Role in the carbon cycle and probable responses to climatic warming. *Ecological Applications*, 1, 182-195.
- Grant, G. (2012). *Ecosystem services come to town: greening cities by working with nature*. Chichester: John Wiley and Sons.
- Green, P.A., Vörösmarty, C.J., Harrison, I., Farrell, T., Sáenz, L. & Fekete, B.M. (2015). Freshwater ecosystem services supporting humans: pivoting from water crisis to water solutions. *Global Environmental Change*, 34, 108-118. doi:10.1016/j.gloenvcha.2015.06.007.
- Griffin, P.J. & Ali, S.H. (2014). Managing transboundary wetlands: the Ramsar Convention as a means of ecological diplomacy. *Journal of Environmental Studies and Sciences*, 4(3), 230-239.
- Groffman, P.M., Altabet, M.A., Böhlke, J.K., Butterbach-bahl, K., David, M.B., et al. (2012). Methods for measuring denitrification: diverse approaches to a difficult problem. *Ecological Applications*, 16, 2091–2122.
- Groffman, P.M., Butterbach-Bahl, K., Fulweiler, R.W., Gold, A.J., Morse, J.L., et al. (2009). Challenges to incorporating spatially and temporally explicit phenomena (hotspots and hot moments) in denitrification models. *Biogeochemistry*, 93, 49–77.
- Gupta, A. (2007). *Large rivers' geomorphology and management*. Chichester, UK: J. Wiley and Sons.
- Hader, H., Kumar, D. Smith, R.C. & Worrest, R.C. (2007). Effects of solar UV radiation on aquatic ecosystems and interactions with climate change. *Photochemical & Photobiological Sciences*, 6, 267–285.
- Hajkowicz, S.A., Cook, H. & Littleboy, A. (2012). *Our future world: global megatrends that will change the way we live. The 2012 Revision*. Australia: CSIRO.
- Hanley, M.E., Hoggart, S.P.G., Simmonds, D.J., Bichot, A., Colangelo, M.A., et al. (2014). Shifting sands? Coastal protection by sand banks, beaches and dunes. *Coastal Engineering*, 87, 136-146.
- Hardwood, A., Johnson, S., Richter, B., Locke, A., Ye, X. & Tickner, D. (2017). *Listen to the river: lessons from a global review of environmental flow success stories*. Woking, UK: WWF-UK.
- Harrison, I.J. & Stiasny, M.L.J. (1999). The quiet crisis. In R.D.E. MacPhee and H.D. Sues (eds.). *Extinctions in near time: causes, contexts and consequences*. New York: Kluwer Academic/Plenum Publishers.
- HELCOM. (2017). First version of the 'State of the Baltic Sea' report – June 2017. Available at: <http://stateofthebalticsea.helcom.fi>
- Herbert, E.R., Boon, P., Burgin, A.J., Neubauer, S.C., Franklin, R.B., et al. (2015). A global perspective on wetland salinization: ecological consequences of a growing threat to freshwater wetlands. *Ecosphere*, 6(10), 1-43.
- Hertzman, T. & Larsson, T. (1999). *Lake Hornborga, Sweden: the return of a bird lake*. Wageningen, Netherlands: Wetlands International.
- Hipsey, M.R. & Arheimer, B. (2013). Challenges for water-quality research in the new IAHS decade on: Hydrology under societal and environmental change. In: *Understanding Freshwater Quality Problems in a Changing World*. Proceedings of H04, IAHS-IAPSO-IASPEI Assembly, Gothenburg, Sweden. IAHS Publ. 361: 17-30.
- Horwitz, P., Finlayson, M. & Weinstein, P. (2012). *Healthy wetlands, healthy people: a review of wetlands and human health interactions*. Ramsar Technical Report No. 6. Gland and Geneva, Switzerland: Secretariat of the Ramsar Convention on Wetlands & The World Health Organization.
- Hough, P. & Robertson, M. (2009). Mitigation under Section 404 of the Clean Water Act: where it comes from, what it means. *Wetlands Ecology and Management*, 17(1), 15-33.
- House, J., Brovkin, V., Betts, R., et al. (2005). Climate and air quality. In: *Millennium Ecosystem Assessment. Ecosystems and human well-being: current state and trends*. pp. 355-390. <http://www.unep.org/maweb/documents/document.282.aspx.pdf>
- Hubacek, K., Guan, D. & Barua, A. (2007). Changing lifestyles and consumption patterns in developing countries: a scenario analysis for China and India. *Futures*, 39(9), 1084-1096.
- IMF. (2002). Globalization: threat or opportunity? IMF Issues Brief, International Monetary Fund, Washington DC. Available at: <https://www.imf.org/external/np/exr/ib/2000/041200to.htm>.
- Ingram, J.C., Wilkie, D., Clements, T., McNab, R.B., Nelson, F., et al. (2014). Evidence of payments for ecosystem services as a mechanism for supporting biodiversity conservation and rural livelihoods. *Ecosystem Services*, 7, 10-21.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (2014). Impacts, adaptation and vulnerability. Top-level findings from the Working Group II AR5 summary for policymakers.
- IPBES (Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services). (2018). Summary for policymakers of the thematic assessment report on land degradation and restoration of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services. Bonn, Germany: IPBES Secretariat.
- Islam, S.N. (2015). Inequality and environmental sustainability. UN. DESA Working Paper No. 145, ST/ESA/2015/DWP/145. New York: Department of Economic & Social Affairs, United Nations.
- IUCN. (1965). *List of European and North African Wetlands of International Importance*. IUCN Publications new series No. 5. Morges, Switzerland: IUCN.
- IUCN. (2016). *Global Standard for the Identification of Key Biodiversity Areas, Version 1.0*. First edition. Gland, Switzerland: IUCN.
- IUCN. (2018). (Draft) *Guidelines for recognising and reporting other effective area-based conservation measures*. Version 1. Gland, Switzerland: IUCN.
- IUCN SSC Marine Turtle Specialist Group. <https://iucn-mtsng.org/about/structure-role/red-list/>
- Jambeck, J.R., Geyer, R., Wilcox, C., Siegler, T.R., Perryman, M., et al. (2015). Plastic waste inputs from land into the ocean. *Science*, 347(6223), 768-771.
- Janse, J.H., Kuiper, J.J., Weijters, M.J., Westerbeek, E.P., Jeuken, M.H.J.L., et al. (2015). GLOBIO-Aquatic, a global model of human impact on the biodiversity of inland aquatic ecosystems. *Environmental Science & Policy*, 48, 99-114.
- Jenkins, W.A., Murray, B.C., Kramer, R.A. & Faulkner, S.P. (2010). Valuing ecosystem services from wetlands restoration in the Mississippi Alluvial Valley. *Ecological Economics*, 69, 1051-1061.
- Jones, J.I., Murphy, J.F., Collins, A.L., Sear, D.A., Naden, P.S. & Armitage, P.D. (2012). The impact of fine sediment on macro-invertebrates. *River Research and Applications*, 28(8), 1055-1071.
- Joosten, H. (2010). *The global peatland CO2 picture. Peatland status and drainage related emissions in all countries of the world*. Ede, Netherlands: Wetlands International.
- Joosten, H., Sirin, A., Couwenberg, J., Laine, J. & Smith, P. (2016). The role of peatlands in climate regulation. In Bonn, A., Allott, T., Evans, M, Joosten, H. & Stoneman, R. (eds.) *Peatland Restoration and Ecosystem Services*. Cambridge UK: Cambridge University Press.
- Juffe-Bignoli, D., Harrison, I., Butchart, S.H.M., Flitcroft, R., Hermoso, V., et al. (2016). Achieving Aichi Biodiversity Target 11 to improve the performance of protected areas and conserve freshwater biodiversity. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 26(S1), 133-151.
- Kadlec, R.H. & Wallace, S.E. (2008). *Treatment Wetlands*. London, CRC Press.
- Kalkman, V.J., Boudot, J.-P., Bernard, R., Conze, K.-J., De Knijf, G., et al. (2010). *European Red List of dragonflies*. Luxembourg: Publications Office of the European Union.
- Keddy, P.A. (2010). *Wetland Ecology: Principles and Conservation*. Cambridge UK, Cambridge University Press.
- Keddy, P.A., Fraser, L., Solomesch, A., Junk, W.J., Campbell, D.R., et al. (2009). Wet and wonderful: The world's largest wetlands are conservation priorities. *BioScience*, 59, 39-51.
- Keenan, L.W. & Lowe, E. (2001). Determining ecologically acceptable nutrient loads to natural wetlands for water quality improvement. *Water Science and Technology*, 44, 289-294.

- Kemp, P., Sear, D., Collins, A., Naden, P. & Jones, I. (2011). The impacts of fine sediment on riverine fish. *Hydrological Processes*, 25(11), 1800-1821.
- Kim, S., Mam, K., Oeur, I., So, S. & Ratner, B. (2013). Fishery reforms on the Tonle Sap Lake: risks and opportunities for innovation. *Cambodia Development Review*, 17(2), 1-4.
- Kirby, M.X. (2004). Fishing down the coast: historical expansion and collapse of oyster fisheries along continental margins. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 101(35), 13096-13099.
- Kiwango, Y.A. & Wolanski, E. (2008). Papyrus wetlands, nutrients balance, fisheries collapse, food security, and Lake Victoria level decline in 2000–2006. *Wetlands Ecology and Management*, 16(2), 89-96.
- Koh, L.P., Miettinen, J., Liew, S.C. & Ghazoul, J. (2011). Remotely sensed evidence of tropical peatland conversion to oil palm. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 108(12), 5127-5132.
- Korichi, N. & Treilhes, C. (2013). Les sites Ramsar assurent leur rôle de protection quand ils sont gérés. *Espaces Naturels*, 43, 14-15.
- Kothari, A. & Bajpai, S. (2017). We are the river, the river is us. *Economic & Political Weekly*, 52(37). <http://www.epw.in/journal/2017/37/special-articles/we-are-river-river-us.html>
- Kumar, R., McInnes, R.J., Everard, M., Gardner, R.C., Kulindwa, K.A.A., et al. (2017a). *Integrating multiple wetland values into decision-making*. Ramsar Policy Brief No. 2. Gland, Switzerland: Ramsar Convention Secretariat.
- Kumar, R., Tol, S., McInnes, R.J., Everard, M. & Kulindwa, A.A. (2017b). *Wetlands for disaster risk reduction: effective choices for resilient communities*. Gland, Switzerland: Ramsar Convention Secretariat.
- Leverington, F., Costa, K.L., Pavese, H., Lisle, A. & Hockings, M. (2010). A global analysis of protected area management effectiveness. *Environmental Management*, 46(5), 685-698.
- Lima, I.B.T., Ramos, F.M., Bambace, L.A.W. & Rosa, R.R. (2008). Methane emissions from large dams as renewable energy resources: a developing nation perspective. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 13(2), 193-206.
- Liu, X., Duan, L., Mo, J., Du, E., Shen, J., et al. (2011). Nitrogen deposition and its ecological impact in China: an overview. *Environmental Pollution*, 159(10), 2251-2264.
- Livelihoods Funds. Our projects. <http://www.livelihoods.eu/portfolio/>
- Lotze, H.K. (2007). Rise and fall of fishing and marine resource use in the Wadden Sea, southern North Sea. *Fisheries Research*, 87, 208-218.
- Lotze, H.K., Reise, K., Worm, B., van Beusekom, J., Busch, M., et al. (2005). Human transformations of the Wadden Sea ecosystem through time: a synthesis. *Helgoland Marine Research*, 559, 84-95.
- Luo, Y., Wu, L., Liu, L., Han, C. & Li, Z. (2009). *Heavy metal contamination and remediation in Asian agricultural land*. National Institute of Agro-Environmental Sciences. Japan: MARCO Symposium.
- Lynch-Stewart, P. (2008). *Wetlands of International Importance (Ramsar Sites) in Canada: Survey of Ramsar Site managers 2007*. Final Report.
- Maavara, T., Lauerwald, R., Regnier, P. & Van Cappellen, P. (2017). Global perturbation of organic carbon cycling by river damming. *Nature Communications*, 8, 15347.
- Macdonald, A. & Robertson, H. (2017). *Arawai Kākāriki Wetland Restoration Programme, Science Outputs 2007–2016*. Wellington: New Zealand Department of Conservation.
- Mackay, H., Finlayson, C.M., Fernandez-Prieto, D., Davidson, N., Pritchard, D. & Rebelo, L.M. (2009). The role of Earth Observation (EO) technologies in supporting implementation of the Ramsar Convention on Wetlands. *Journal of Environmental Management*, 90(7), 2234-2242.
- Macreadie, P.I., Nielsen, D.A., Kelleway, J.J., Atwood, T.B., Seymour, J.R., et al. (2017). Can we manage coastal ecosystems to sequester more blue carbon? *Frontiers in Ecology and the Environment*, 15(4), 206-213.
- Máiz-Tomé, L., Sayer, C. & Darwall, W. (eds) (2018). *The status and distribution of freshwater biodiversity in Madagascar and the Indian Ocean Islands hotspot*. Gland, Switzerland: IUCN.
- Mäkinen, K. & Khan, S. (2010). Policy considerations for greenhouse gas emissions from freshwater reservoirs. *Water Alternatives*, 3(2), 91.
- Maron, M., Brownlie, S., Bull, J.W., Evans, M.C., von Hase, A., et al. (2018). The many meanings of no net loss in environmental policy. *Nature Sustainability*, 1, 19-27.
- Marton, J.M., Creed, I.F., Lewis, D.B., Lane, C.R., Basu, N.B., et al. (2015). Geographically isolated wetlands are important biogeochemical reactors on the landscape. *Bioscience*, 65(4), 408-418.
- Mauerhofer, V., Kim, R.E. & Stevens, C. (2015). When implementation works: a comparison of Ramsar Convention implementation in different continents. *Environmental Science & Policy*, 51, 95-105.
- Mayorga, E., Seitzinger, S.P., Harrison, J.A., Dumont, E., Beusen, A.H., et al. (2010). Global nutrient export from WaterSheds 2 (NEWS 2): model development and implementation. *Environmental Modelling & Software*, 25(7), 837-853.
- Mazaris, A.D., Schofield, G., Gkazinou, C., Alpanidou, V. & Hays, G.C. (2017). Global sea turtle conservation successes. *Science Advances*, 3, e1600730.
- McGreavy, B., Calhoun, A.J.K., Jansujwicz, J. & Levesque, V. (2016). Citizen science and natural resource governance: program design for vernal pool policy innovation. *Ecology and Society*, 21(2), 48.
- McInnes, R.J. (2013). *Towards the wise use of urban and peri-urban wetlands*. Ramsar Scientific and Technical Briefing Note no. 6. Gland, Switzerland: Ramsar Convention Secretariat.
- McIntyre, P., Reidy Liermann, C.A. & Revenga, C. (2016). Linking freshwater fishery management to global food security and biodiversity conservation. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, <http://www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.1521540113>.
- McKinley, D.C., Miller-Rushing, A.J., Ballard, H.L., Bonney, R., Brown, H., et al. (2017). Citizen science can improve conservation science, natural resource management, and environmental protection. *Biological Conservation*, 208, 15-28.
- McLeod, E., Chmura, G.L., Bouillon, S., Salm, R., Björk, M., et al. (2011). A blueprint for blue carbon: toward an improved understanding of the role of vegetated coastal habitats in sequestering CO<sub>2</sub>. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 9, 552-560.
- Mediterranean Wetland Observatory. (2018). *Mediterranean Wetland Outlook 2*. Le Sambuc, France: MWO.
- Mekonnen, M.M. & Hoekstra, A.Y. (2011). *National water footprint accounts: The green, blue and grey water footprint of production and consumption*. Value of Water Research Report Series No. 50. Delft, Netherlands: UNESCO-IHE.
- Michalak, A.M., Anderson, E.J., Beletsky, D., Boland, S., Bosch, N.S., et al. (2013). Record-setting algal bloom in Lake Erie caused by agricultural and meteorological trends consistent with expected future conditions. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 110, 6449-6452.
- Miettinen, J., Shi, C. & Liew, S.C. (2016). Land cover distribution in the peatlands of Peninsular Malaysia, Sumatra and Borneo in 2015 with changes since 1990. *Global Ecology and Conservation*, 6, 67-78.
- Miettinen, J., Wang, J., Hooijer, A. & Liew, S. (2013). Peatland conversion and degradation processes in insular Southeast Asia: a case study in Jambi, Indonesia. *Land Degradation & Development*, 24(4), 334-341.
- Millennium Ecosystem Assessment. (2005). *Ecosystems and human well-being: wetlands and water: synthesis*. Washington, DC: World Resources Institute.
- Mitsch, W. & Gosselink, J. 2015. *Wetlands*, 5th ed. Hoboken, New Jersey, USA: John Wiley and Sons.
- Molur, S., Smith, K.G., Daniel, B.A. & Darwall, W.R.T. (Compilers). (2011). *The status and distribution of freshwater biodiversity in the Western Ghats, India*. Cambridge, UK & Gland, Switzerland: IUCN; Coimbatore, India: Zoo Outreach Organisation.
- Moomaw, W.R., Chmura, G.L., Davies, G.T., Finlayson, C.M., Middleton, B.A., et al. (2018). The relationship between wetlands and a changing climate: science, policy and management. *Wetlands* 10.1007/s13157-018-1023-8
- Mostert, E., Pahl-Wostl, C., Rees, Y., Searle, B., Tàbara, D. & Tippett, J. (2007). Social learning in European river-basin management: barriers and fostering mechanisms from 10 river basins. *Ecology and Society*, 12(1), 19.
- Murray, N.J., Ma, Z. & Fuller, R.A. (2015). Tidal flats of the Yellow Sea: a review of ecosystem status and anthropogenic threats. *Australian Journal of Ecology*, 40(4), 472-481.

- Nagy, S., Flink, S. & Langendoen, T. (2015). *Report on the Conservation Status of Migratory Waterbirds in the Agreement Area*. Sixth Edition. 134 pp. AEW/MOP Doc. 6.14. [http://www.unep-aewa.org/sites/default/files/document/mop6\\_14\\_csr6\\_including%20annexes.pdf](http://www.unep-aewa.org/sites/default/files/document/mop6_14_csr6_including%20annexes.pdf)
- Naisbitt, J. (1982). *Megatrends*. New York: Warner Books.
- National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine. (2016). *Progress toward restoring the everglades: the sixth biennial review - 2016*. Washington, DC: The National Academies Press.
- Newborne, P. & Dalton, J. (2016). *Water management and stewardship: taking stock of corporate water behaviour*. Gland, Switzerland: IUCN; London, UK: ODI.
- Nicola, G.G., Elvira, B. & Almodovar, A. (1996). Dams and fish passage facilities in the large rivers of Spain: effects on migratory species. *Archiv für Hydrobiologie Supplement*, 113, 375-379.
- Nilsson, C., Reidy, C.A., Dynesius, M. & Revenga, C. (2005). Fragmentation and flow regulation of the world's large river systems. *Science*, 308(5720), 405-408.
- Noe, G., Childers, D. & Jones, R. (2001). Phosphorus biogeochemistry and the impact of phosphorus enrichment: Why is the Everglades so unique? *Ecosystems*, 4, 603-624.
- North American Bird Conservation Initiative, US Committee. (2014). *The State of the Birds 2014: United States of America*. Washington, DC: US Department of the Interior. Retrieved from [http://www.stateofthebirds.org/2014%20SotB\\_FINAL\\_low-res.pdf](http://www.stateofthebirds.org/2014%20SotB_FINAL_low-res.pdf)
- Nunes, A.L., Douthwaite, R.J., Tyser, B., Measey, G.J. & Weyl, O.L.F. (2016). Invasive crayfish threaten Okavango Delta. *Frontiers in Ecology and the Environment*. doi:10.1002/fee.1287
- Nunes, A.L., Triearico, E., Panov, V.E., Cardoso, A.C. & Katsanevakis, S. (2015). Pathways and gateways of freshwater invasions in Europe. *Aquatic Invasions*, 10(4), 359-370.
- Ocean Conservancy. (2016). *30th anniversary international coastal cleanup: Annual Report*. Retrieved from <http://www.oceanconservancy.org/our-work/marine-debris/2016-data-release/2016-data-release-1.pdf>
- Ockenden, M.C., Hiscock, K.M., Kahana, R., Macleod, C.J.A., Tych, W., et al. (2017). Major agricultural changes required to mitigate phosphorus losses under climate change. *Nature Communications*, 8(8), 161.
- OECD. (2012a). *OECD environmental outlook to 2050: The consequences of inaction*. Paris: OECD Publishing.
- OECD. (2012b). *Water quality and agriculture: meeting the policy challenge*. OECD Studies on Water. Paris: OECD Publishing.
- OECD. (2015a). *Drying wells, rising stakes: towards sustainable agricultural groundwater use*. OECD Studies on Water. Paris: OECD Publishing.
- OECD. (2015b). *International migration outlook 2015*. Paris: OECD Publishing.
- OECD/FAO. (2016). Agriculture in Sub-Saharan Africa: prospects and challenges for the next decade. In *OECD-FAO Agricultural Outlook 2016-2025*. Paris: OECD Publishing.
- OECD. (2016). *Biodiversity offsets: effective design and implementation*. Paris: OECD Publishing. Retrieved from <http://www.oecd.org/environment/resources/Policy-Highlights-Biodiversity-Offsets-web.pdf>.
- OECD. (2017). *Diffuse pollution, degraded waters: emerging policy solutions*. Paris: OECD Publishing.
- Oliver, T.H. & Morecroft, M.D. (2014). Interactions between climate change and land use change on biodiversity: attribution problems, risks, and opportunities. *WIREs Climate Change*, 5, 317-335.
- Ouboter, P.E., Landburg, G.A., Quik, J.H.M., Mol, J.H.A. & van der Lugt, F. (2012). Mercury levels in pristine and gold mining impacted aquatic systems in Suriname, South America. *Ambio*, 41, 873-882.
- Paerl, H.W. & Otten, T.G. (2013). Harmful cyanobacterial blooms: causes, consequences, and controls. *Microbial Ecology*, 65(4), 995-1010.
- Paerl, H.W., Scott, J.T., McCarthy, M.J., Newell, S.E., Gardner, W.S., et al. (2016). It takes two to tango: when and where dual nutrient (N & P) reductions are needed to protect lakes and downstream ecosystems. *Environmental Science and Technology*, 50, 10805-10813.
- Parish, F., Sirin, A.A., Charman, D., Joosten, H., Minaeva, T.Y., et al. (2008). *Assessment on peatlands, biodiversity and climate change*. Kuala Lumpur and Wageningen, Netherlands: Global Environment Centre and Wetlands International.
- Parliamentary Office of Science and Technology. (2011). *Natural flood management*. POSTNOTE 396 (December 2011). The Parliamentary Office of Science and Technology, London: HM Government.
- Pekel, J.-F., Cottam, A., Gorelick, N. & Belward, A.S. (2016). High-resolution mapping of global surface water and its long-term changes. *Nature*, 540, 418-422.
- Pippard, H. (2012). *The current status and distribution of freshwater fishes, land snails and reptiles in the Pacific Islands of Oceania*. Gland, Switzerland: IUCN.
- Pittock, J., Finlayson, C.M., Roux, D., Arthington, A., Matthews, J., et al. (2014). Chapter 19: Managing fresh water, river, wetland and estuarine protected areas. In G.L. Worboys, M. Lockwood, A. Kothari, S. Feary, & I. Pulsford (eds). *Protected area governance and management*. Canberra: ANU Press.
- Poeta, G., Battisti, C. & Acosta, A.T.R. (2014). Marine litter in Mediterranean sandy littorals: spatial distribution patterns along central Italy coastal dunes. *Marine Pollution Bulletin*, 89(1-2), 168-173.
- Poffenbarger, H.J., Needelman, B.A. & Megonigal, J.P. (2011). Salinity influence on methane emissions from tidal marshes. *Wetlands*, 31, 831-842.
- Polidoro, B.A., Carpenter, K.E., Collins, L., Duke, N.C., Ellison, A.M., et al. (2010). The loss of species: mangrove extinction risk and geographic areas of global concern. *PLoS ONE*, 5(4), e10095.
- Postel, S. (2000). Entering an era of water scarcity: the challenges ahead. *Ecological Applications*, 10, 941-948.
- Prigent, C., Papa, F., Aires, F., Jimenez, C., Rossow, W.B. & Matthews, E. (2012). Changes in land surface water dynamics since the 1990s and relation to population pressure. *Geophysical Research Letters*, 39(8), L08403.
- Provost, E.J., Kelaher, B.P., Dworjanyn, S.A., Russel, B.D., Connell, S.D., et al. (2017). Climate-driven disparities among ecological interactions threaten kelp forest persistence. *Global Change Biology*, 23(1), 353-361.
- Rabalais, N.N., Diaz, R.J., Levin, L.A., Turner, R.E., Gilbert, D. & Zhang, J. (2010). Dynamics and distribution of natural and human-caused hypoxia. *Biogeosciences*, 7(2), 585-619.
- Rabalais, N.N., Turner, R.E. & Scavia, D. (2002). Beyond science into policy: Gulf of Mexico hypoxia and the Mississippi River. *BioScience*, 52, 129-142.
- Ramsar Convention. (2005). *Resolution IX.1 Annex A: A conceptual framework for the wise use of wetlands and the maintenance of their ecological character*. 9th Meeting of the Conference of the Parties to the Convention on Wetlands (Ramsar, Iran, 1971), Kampala, Uganda, 8-15 November 2005.
- Ramsar Convention Secretariat. (2010a). *Designating Ramsar Sites: strategic framework and guidelines for the future development of the List of Wetlands of International Importance*. Ramsar handbooks for the wise use of wetlands, 4th edition, vol. 17. Gland, Switzerland: Ramsar Convention Secretariat.
- Ramsar Convention Secretariat. (2010b). *International cooperation: guidelines and other support for international cooperation under the Ramsar Convention on Wetlands*. Ramsar handbooks for the wise use of wetlands, 4th edition, vol. 20. Gland, Switzerland: Ramsar Convention Secretariat.
- Ramsar Convention Secretariat. (2010c). *Participatory skills: establishing and strengthening local communities' and indigenous people's participation in the management of wetlands*. Ramsar handbooks for the wise use of wetlands, 4th edition, vol. 7. Gland, Switzerland: Ramsar Convention Secretariat.
- Ramsar Convention Secretariat. (2018). Update on the status of Sites on the List of Wetlands of International Importance. Doc. SC54-19, 54th Meeting of the Standing Committee, Gland, Switzerland, 23-27 April 2018.
- Ramsar Convention and UNCCD. (2014). Statement at World Parks Congress.
- Rebello, L. & Finlayson, C.M. (coordinating authors) (2018). *The use of Earth Observation for wetland inventory, assessment and monitoring: an information source for the Ramsar Convention for Wetlands*. Ramsar Technical Report. Gland, Switzerland: Ramsar Convention.

- Renton, D.A., Mushet, D.M. & DeKeyser, E.S. (2015). *Climate change and prairie pothole wetlands—mitigating water-level and hydroperiod effects through upland management*. U.S. Geological Survey Scientific Investigations Report 2015–5004.
- Ricaurte, L.F., Olaya-Rodríguez, M.H., Cepeda-Valencia, J., Lara, D., Arroyave-Suárez, J., et al. (2017). Future impacts of drivers of change on wetland ecosystem services in Colombia. *Global Environmental Change*, 44, 158–169. <http://dx.doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2017.04.001>
- Richards, D.R. & Friess, D.A. (2016). Rates and drivers of mangrove deforestation in Southeast Asia, 2000–2012. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 113(2), 344–349.
- Richey, A.S., Thomas, B.F., Lo, M.H., Famiglietti, J.S., Swenson, S. & Rodell, M. (2015). Uncertainty in global groundwater storage estimates in a total groundwater stress framework. *Water Resources Research*, 51(7), 5198–5216.
- Richman, N.I., Böhm, M., Adams, S.B., Alvarez, F., Bergey, E.A., et al. (2015). Multiple drivers of decline in the global status of freshwater crayfish (Decapoda: Astacidea). *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, 370(1662), 20140060.
- Rivera, M. & Gardner, R.C. (eds). (2011). *Wetlands in the Americas: The role of the Ramsar Convention on Wetlands and the benefits of Ramsar Site designation*. Gland, Switzerland: Secretariat of the Ramsar Convention.
- Romeo, T., Pietro, B., Pedà, C., Consoli, P., Andaloro, F. & Fossi, M.C. (2015). First evidence of presence of plastic debris in stomach of large pelagic fish in the Mediterranean Sea. *Marine Pollution Bulletin*, 95(1), 358–361.
- Russi, D., ten Brink, P., Farmer, A., Badura, T., Coates, D., et al. (2013). *The economics of ecosystems and biodiversity for water and wetlands*. London and Brussels: IEEP; Gland: Ramsar Secretariat.
- Sabo, J.K., Ruhi, A., Holtgrieve, G.W., Elliott, V., Arias, M.E., et al. (2017). Designing river flows to improve food security futures in the Lower Mekong Basin. *Science*, 358, 1–11.
- Samonte-Tan, G.P.B., White, A.T., Tercero, M.A., Diviva, J., Tabara, E. & Caballes, C. (2007). Economic valuation of coastal and marine resources: Bohol marine triangle, Philippines. *Coastal Management*, 35, 319–338.
- Santhosh, V., Padmalal, D., Baijulal, B. & Maya, K. (2013). Brick and tile clay mining from the paddy lands of Central Kerala (southwest coast of India) and emerging environmental issues. *Environmental Earth Sciences*, 68(7), 2111–2121.
- Santo Domingo, J.W., Bambic, D.G., Edge, T.A. & Wuertz, S. (2007). Quo vadis source tracking? Towards a strategic framework for environmental monitoring of fecal pollution. *Water Research*, 41(16), 3539–3552.
- Sato, T., Qadir, M., Yamamoto, S., Endo, T. & Zahoor, A. (2013). Global, regional, and country level need for data on wastewater generation, treatment, and use. *Agricultural Water Management*, 130, 1–13.
- Sauvé, S. & Desrosiers, M. (2014). A review of what is an emerging contaminant. *Chemistry Central Journal*, 8(15) <http://journal.chemistrycentral.com/content/8/1/15>.
- Scavia, D., Allan, J.D., Arend, K.K., Bartell, S., Beletsky, D., et al. (2014). Assessing and addressing the re-eutrophication of Lake Erie: Central basin hypoxia. *Journal of Great Lakes Research*, 40, 226–246.
- Schandl, H., Fischer-Kowalski, M., West, J., Giljum, S., Dittrich, M., et al. (2016). Global material flows and resource productivity. *Assessment Report for the UNEP International Resource Panel*. Nairobi: UNEP.
- Schroeder, R., McDonald, K.C., Chapman, B.D., Jensen, K., Podest, E., et al. (2015). Development and evaluation of a multi-year fractional surface water data set derived from active/passive microwave remote sensing data. *Remote Sensing*, 7, 16688–16732.
- Sharma, B., Rasul, G. & Chettri, N. (2015). The economic value of wetland ecosystem services: evidence from the Koshi Tappu Wildlife Reserve, Nepal. *Ecosystem Services*, 12, 84–93.
- Sherwood, E.T. (2016). *2015 Tampa Bay Water Quality Assessment*. Tampa Bay Estuary Program Technical Report #01-16. St. Petersburg, FL: TBEP.
- Short, F.T., Polidoro, B., Livingstone, S.R., Carpenter, K.E., Bandeira, S., et al. (2011). Extinction risk assessment of the world's seagrass species. *Biological Conservation*, 144(7), 1961–1971.
- Sievers, M., Hale, R., Parris, K.M. & Swearer, S.E. (2017). Impacts of human-induced environmental change in wetlands on aquatic animals. *Biological Reviews*, 93(1), 529–554.
- Simate, G.S. & Ndlovu, S. (2014). Acid mine drainage: challenges and opportunities. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 2, 1785–1803.
- Smith, K.G., Barrios, V., Darwall, W.R.T. & Numa, C. (eds). (2014). *The status and distribution of freshwater biodiversity in the Eastern Mediterranean*. Cambridge, UK, Malaga, Spain and Gland, Switzerland: IUCN.
- Smith, R.D. & Maltby, E. (2003). *Using the ecosystem approach to implement the Convention on Biological Diversity: key issues and case studies*. Gland, Switzerland & Cambridge, UK: IUCN.
- Smith, V.H., Joye, S.B. & Howarth, R.W. (2006). Eutrophication of freshwater and marine ecosystems. *Limnology and Oceanography*, 51, 351–355.
- Steneck, R., Graham, M.H., Bourque, B.J., Corbett, D. & Erlandson, J.M. (2002). Kelp forest ecosystems: biodiversity, stability, resilience and future. *Environmental Conservation*, 29, 436–459.
- Stickler, C.M., Coe, M.T., Costa, M.H., Nepstad, D.C., McGrath, D.G., et al. (2013). Dependence of hydropower energy generation on forests in the Amazon Basin at local and regional scales. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 110(23), 9601–9606.
- Stolton, S., Redford, K.H. & Dudley, N. (2014). *The futures of privately protected areas*. Gland, Switzerland: IUCN.
- Stuart, S.N., Chanson, J.S., Cox, N.A., Young, B.E., Rodrigues, A.S.L., et al. (2014). Status and trends of amphibian declines and extinctions worldwide. *Science*: 1103538.
- Swiss Agency for Development and Cooperation. (2017). Innovative and community-based sustainable water management. <https://public.wmo.int/en/resources/bulletin/innovative-and-community-based-sustainable-water-management>
- Teixeira, T.P., Neves, L.M. & Araujo, F.G. (2009). Effects of nuclear power plant thermal discharge on habitat complexity and fish community structure in Ilha Grande Bay, Brazil. *Marine Environmental Research*, 68, 188–195.
- Temple, H.J. & Cox, N.A. (2009). *European Red List of amphibians*. Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities.
- Tessler, Z.D., Vörösmarty, C.J., Grossberg, M., Gladkova, I. & Aizenman, H. (2016). A global empirical typology of anthropogenic drivers of environmental change in deltas. *Sustainability Science*, 11(4), 525–537, doi: 10.1007/s11625-016-0357-5.
- Thaman, R., Lyver, P., Mpande, R., Perez, E., Cariño, J. & Takeuchi, K. (eds). (2013). *The contribution of indigenous and local knowledge systems to IPBES: building synergies with science*. IPBES Expert Meeting Report. Paris: UNESCO/UNU.
- Thomas, N., Lucas, R., Bunting, P., Hardy, A., Rosenqvist, A. & Simard, M. (2017). Distribution and drivers of global mangrove forest change, 1996–2010. *PLoS ONE*, 12(6), p.e0179302.
- Tognelli, M.F., Lasso, C.A., Bota-Sierra, C.A., Jimenez-Segura, L.F. & Cox, N.A. (eds). (2016). *Estado de Conservación y Distribución de la Biodiversidad de Agua Dulce en los Andes Tropicales*. Gland, Switzerland, Cambridge, UK & Arlington, USA: IUCN.
- Torres, A., Brandt, J., Lear, K. & Liu, J. (2017). A looming tragedy of the sand commons. *Science*, 357(6355), 970–971.
- Trombulak, S.C. & Frissell, C.A. (2000). Review of ecological effects of roads on terrestrial and aquatic communities. *Conservation Biology*, 14(1), 18–30.
- Tsounis, G., Rossi, S., Gili, J.M. & Arntz, W.E. (2007). Red coral fishery at the Costa Brava (NW Mediterranean): case study of an overharvested precious coral. *Ecosystems*, 10(6), 975–986.
- Tulloch, A.I.T., Possingham, H.P., Joseph, L.N., Szabo, J. & Martin, T.G. (2013). Realising the full potential of citizen science monitoring programs. *Biological Conservation*, 165, 128–138.
- Turetsky, M.R., Benscoter, B., Page, S., Rein, G., Van Der Werf, G.R. & Watts, A. (2015). Global vulnerability of peatlands to fire and carbon loss. *Nature Geoscience*, 8(1), 11.
- Umadevi, M., Pushpa, R., Samapathkumar, K.P. & Bhowmik, D. (2012). Rice – traditional medicinal plant in India. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 1(1), 6–12.

- UN. (2015a). *World Urbanization Prospects: The 2014 Revision*. ST/ESA/SER.A/366. United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division. Retrieved from <https://esa.un.org/unpd/wup/>
- UN. (2015b). *World population prospects: the 2015 revision, key findings and advance tables*. Working Paper No. ESA/P/WP.241. United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division. Retrieved from [https://esa.un.org/unpd/wpp/publications/files/key\\_findings\\_wpp\\_2015.pdf](https://esa.un.org/unpd/wpp/publications/files/key_findings_wpp_2015.pdf)
- UN-Water. (2015). *Wastewater management: a UN-water analytical brief*. UN-Water.
- UN World Conservation Monitoring Centre. (2017). *Wetland Extent Trends [WET] Index*. Cambridge, UK.
- UNCCD (United Nations Convention to Combat Desertification). (2017). *Global land outlook*. Bonn, Germany.
- UNEP (United Nations Environment Program). (2014a). *UNEP Year Book 2014: Emerging issues in our global environment*. Nairobi: United Nations Environment Programme.
- UNEP (United Nations Environment Program). (2014b). *Green infrastructure guide for water management: ecosystem-based management approaches for water-related infrastructure projects*. Retrieved from <http://www.medspring.eu/sites/default/files/Green-infrastructure-Guide-UNEP.pdf>
- UNEP. (2016). *A snapshot of the world's water quality: towards a global assessment*. Nairobi: UNEP.
- Urák, I., Hartel, T., Gallé, R. & Balog, A. (2017). Worldwide peatland degradations and the related carbon dioxide emissions: the importance of policy regulations. *Environmental Science & Policy*, 69, 57–64.
- Van Asselen, S., Verburg, P.H., Vermaat, J.E. & Janse, J.H. (2013). Drivers of wetland conversion: a global meta-analysis. *PLoS ONE*, 8(11), p.e81292.
- Van Beek, L.P.H., Wada, Y. & Bierkens, M.F. (2011). Global monthly water stress: 1. Water balance and water availability. *Water Resources Research*, 47(7). <https://doi.org/10.1029/2010WR009791>
- Van Beukering, P.J.H. & Cesar, H.S.J. (2004). Ecological economic modeling of coral reefs: evaluating tourist overuse at Hanauma Bay and algae blooms at the Kihei Coast, Hawaii, *Pacific Science*. 58, 243–260.
- Veolia and IFPRI. (2015). *The murky future of global water quality*. A white paper by Veolia and the International Food Policy Research Institute.
- Vitousek P., Aber, J., Howarth, R., Likens, G., Matson, P., et al. (1997). Human alteration of the global nitrogen cycle: sources and consequences. *Ecological Applications*, 7, 737–750.
- Voldseth, R.A., Johnson, W.C., Gilmanov, T., Guntenspergen, G.R. & Millett, B. (2007). Model estimation of land-use effects on water levels of northern prairie wetlands. *Ecological Applications*, 17, 527–540
- Walters, B.B. (2005). Ecological effects of small-scale cutting of Philippine mangrove forests. *Forest Ecology and Management*, 206(1–3), 331–348.
- Wang, Z., Mao, D., Li, L., Jia, M., Dong, Z., et al. (2015). Quantifying changes in multiple ecosystem services during 1992–2012 in the Sanjiang Plain of China. *Science of the Total Environment*, 514, 119–130.
- Wang, Z., Wu, J., Madden, M. & Mao, D. (2012). China's wetlands: conservation plans and policy impacts. *Ambio*, 41(7), 782–786.
- Ward, R.D., Friess, D.A., Day, R.H. & MacKenzie, R.A. (2016). Impacts of climate change on mangrove ecosystems: a region by region overview. *Ecosystem Health and Sustainability*, 2(4).
- Welcomme, R.L., Cowx, I.G., Coates, D., Béné, C., Funge-Smith, S., et al. (2010). Inland capture fisheries. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 365(1554), 2881–2896.
- Wenger, A.S., Fabricius, K.E., Jones, G.P. & Brodie, J.E. (2015). Effects of sedimentation, eutrophication, and chemical pollution on coral reef fishes. In C. Mora (ed). *Ecology of Fishes on Coral Reefs*. pp. 145–153. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Werner, A.D., Bakker, M., Post, V.E., Vandenbohede, A., Lu, C., et al. (2013). Seawater intrusion processes, investigation and management: recent advances and future challenges. *Advances in Water Resources*, 51, 3–26.
- Wetlands International. (2010). *State of the World's Waterbirds 2010*. Wageningen, Netherlands.
- Wetlands International. *Landscape scale Disaster Risk Reduction*. Retrieved from [https://www.preventionweb.net/files/53060\\_53060buronivwileafleta4case1javaweb.pdf](https://www.preventionweb.net/files/53060_53060buronivwileafleta4case1javaweb.pdf)
- White, E. & Kaplan, D. (2017). Restore or retreat? Saltwater intrusion and water management in coastal wetlands. *Ecosystem Health and Sustainability* 3(1), e01258. doi: 10.1002/ehs2.1258
- WHO/UNICEF. (2015). Joint Monitoring Program (JMP). *Progress in Sanitation and Drinking Water: 2015 update and MDG assessment*. Geneva: WHO/UNICEF.
- Williams, P. (2008). *World heritage caves and karst*. Gland, Switzerland: IUCN.
- Williamson, C.E., Morris, D.P., Pace, M.L., Olson, O.G. (1999). Dissolved organic carbon and nutrients as regulators of lake ecosystems: Resurrection of a more integrated paradigm. *Limnology and Oceanography* 44, 795–803.
- Winemiller, K.O., McIntyre, P.B., Castello, L., Fluet-Chouinard, E., Giarrizzo, T., et al. (2016). Balancing hydropower and biodiversity in the Amazon, Congo, and Mekong. *Science*, 351(6269), 128–129.
- Wisser, D., Fekete, B.M., Vörösmartym, C.J. & Schumann, A.H. (2010). Reconstructing 20th century global hydrography: a contribution to the Global Terrestrial Network-Hydrology (GTN-H). *Hydrology and Earth System Sciences*, 14(1), 1–24.
- World Business Council for Sustainable Development. Action 2020 Overview. [http://m.action2020.org/Action2020-24\\_03.pdf](http://m.action2020.org/Action2020-24_03.pdf) accessed 14th May 2018.
- Worm, B., Barbier, E.B., Beaumont, N., Duffy, J.E., Folke, C., et al. (2006). Impacts of biodiversity loss on ocean ecosystem services. *Science*, 314(5800), 787–790.
- WWAP. (United Nations World Water Assessment Programme) (2012). *The United Nations World Water Development Report 2012: managing water under uncertainty and risk*. Paris: UNESCO.
- WWAP. (2016). *The United Nations World Water Development Report 2016: water and jobs*. Paris: UNESCO.
- WWAP. (2017). *The United Nations World Water Development Report 2017. Wastewater: the untapped resource*. Paris: UNESCO.
- WWF. (2009). *Sacred Waters – Cultural Values of Himalayan Wetlands*. Kathmandu: WWF Nepal.
- WWF. (2012). *Living Planet Report 2012: Biodiversity, biocapacity and better choices*. Gland, Switzerland: WWF.
- WWF. (2016). *Living Planet Report 2016. Risk and resilience in a new era*. Gland, Switzerland: WWF International.
- Yang, W., Sun, T. & Yang, Z. (2016). Does the implementation of environmental flows improve wetland ecosystem services and biodiversity? A literature review. *Restoration Ecology*, 24(6), 731–742.
- Zarfl, C., Lumsdon, A.E., Berlekamp, J., Tydecks, L. & Tockner, K. (2014). A global boom in hydropower dam construction. *Aquatic Sciences*, 77(1), 161–170.
- Zedler, J.B. & Kercher, S. (2004). Causes and consequences of invasive plants in wetlands: opportunities, opportunists, and outcomes. *Critical Reviews in Plant Sciences*, 23(5), 431–452.
- Zedler, J.B. & Kercher, S. (2005). Wetland resources: status, trends, ecosystem services and restorability. *Annual Review of Environmental Resources*, 30, 39–74.
- Zhang, W., Jiang, F. & Ou, J. (2011). Global pesticide consumption and pollution: with China as a focus. *Proceedings of the International Academy of Ecology and Environmental Sciences*, 1(2), 125.
- Zhang, Y., Ma, R., Hu, M., Luo, J., Li, J. & Liang, Q. (2017). Combining citizen science and land use data to identify drivers of eutrophication in the Huangpu River system. *Science of the Total Environment*, 584–585, 651–664.
- Zorrilla-Miras, P., Palomo, I., Gómez-Baggethun, E., Martín-López, B., Lomas, P.L. & Montes, C. (2014). Effects of land-use change on wetland ecosystem services: A case study in the Doñana marshes (SW Spain). *Landscape and Urban Planning*, 122, 160–174.