

수력발전과 사회·환경 영향

작성자 : KOICA 사업품질·성과관리팀 기경석 과장(에너지 전문관)



Sectoral Issue Report

2018
Vol. 19

발간월: 2018년 10월

KOICA 한국국제협력단

들어가며	02
수력발전이란?	03
대형댐의 환경·사회영향	07
환경·사회 세이프가드(Safeguard)	09
나가며	12

들어가며

- 2018년 7월 23일 라오스 남동부 아타프주에 있는 세피안-세남노이 수력발전 보조댐이 무너지면서 약 50m³ 물이 댐 하류에 위치한 13개 마을로 방류되어 수백명이 실종되고 약 1만 명의 이재민을 유발한 사고가 발생함.
- 세피안-세남노이댐 건설을 위해 우리나라가 라오스정부에 955억원의 유상원조 공적자금을 지원하고, 한국 공기업 및 대기업인 한국서부발전과 SK건설이 댐건설에 참여했다는데 국내외 환경단체 및 국민들은 큰 우려를 보이는 한편, 동 사건을 계기로 대형 인프라 사업에 대한 사회·환경영향에 대한 관심을 불러일으키는 계기가 됨.
- 인도주의를 목적으로 하는 무상원조의 경우, 프로젝트의 완수여부를 떠나 사업지원 이후 사업대상지에 환경 및 사회에 악영향을 미칠 경우, 지원 의도와는 상관없이 외부로부터 많은 비난이 예상되며, 그 비난의 화살 크기는 민영사업에 비해 훨씬 더 클 것으로 예상됨.
- 최근 라오스 댐사고로 사회·환경영향평가에 대한 대국민적 관심이 높아진 상황에서 댐사업으로 인해 일반적으로 발생할 수 있는 환경·사회영향에 대해 살펴봄으로써, 해외원조사업에서 환경·사회영향 위험관리의 중요성에 대한 인식을 제고하고자 함.
- 더불어 환경사회영향을 최소화하기 위해 국제사회에서 활용하고 있는 사회·환경관련 주요제도 소개와 함께, 수력발전방식에 대한 이해를 바탕으로, 원조사업에 적합한 지속가능하고 친환경적인 수력발전방식을 검토하고 지원 방향을 모색해 보고자 함.

수력발전이란?

지구상의 재생에너지원으로는 태양광, 풍력, 지열, 수력 등 무한히 공급이 가능한 친환경 에너지원이 다양하게 존재하고 있음. 특히 수력은 전력에너지원으로 130년 넘게 안정적인 재생에너지로 사용되어 왔으며, 인류가 사용한 가장 오래된 에너지원 가운데 하나임.

- 수력발전은 화석연료에 비해 온실가스 배출량이 무시할 정도로 작고, 더불어 어떠한 종류의 화재나 연소가 필요하지 않아 폭발이나 방사능과 같은 유해물질 배출이 전혀 없는 청정 에너지원임.
- 하지만, 그동안 지원한 모든 수력발전소가 친환경적이며, 인류에 긍정적인 혜택만을 가져주지는 않았음. 실제로 과거 100년 넘는 기간 동안의 역사를 살펴보면, 수력발전소는 여러 차례의 심각한 사회 및 환경문제를 유발하였음.
- 그럼에도 불구하고, 수력은 과거부터 현재까지 여전히 친환경적이고 지속가능한 에너지원으로서 개발도상국의 전력소외지역에 효율적으로 전기를 제공하는 매력적인 에너지원으로 각광받고 있음.
- 위와 같은 상반되는 상황 하에 우리는 무상원조사업에 적합한 수력발전방식에 대해 알아볼 필요가 있음. 이에 따라, 우선적으로 무엇이 지속가능하고 친환경적인 수력발전인지 유형별, 규모별로 정리하고자 함.

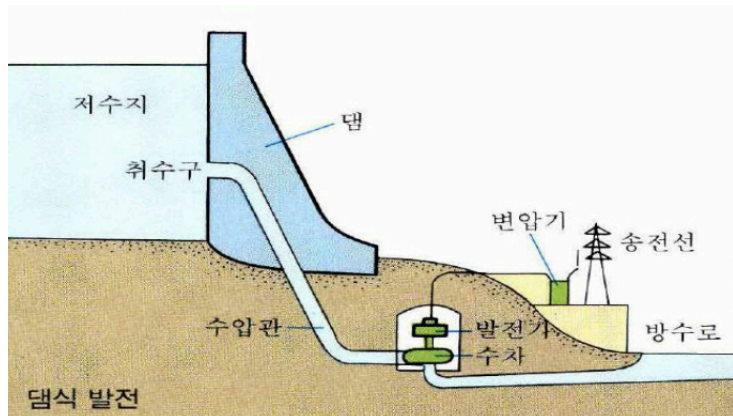
유형별 분류

수력발전은 물을 위에서 아래로 흘려보내는 수로식, 댐식, 댐수로식, 유역변경식과 아래에 있는 물을 위로 보내어 다시 아래로 흘려보내는 양수식으로 나뉘며, 그 가운데 대표적인 수력발전 방식은 댐식과 수로식으로 구분됨.

- 댐식: 하전을 가로질러 높은 댐을 건설하여 물을 저장하고 이 물을 수압터널을 통하여 발전소에 보내어 발전하는 방식으로 입지적으로 유량은 많으나 낙차가 적은 곳에 적합하며, 현재 우리나라의 대부분의 수력발전이 여기에 해당함.

〈그림 1〉
댐식 발전방식

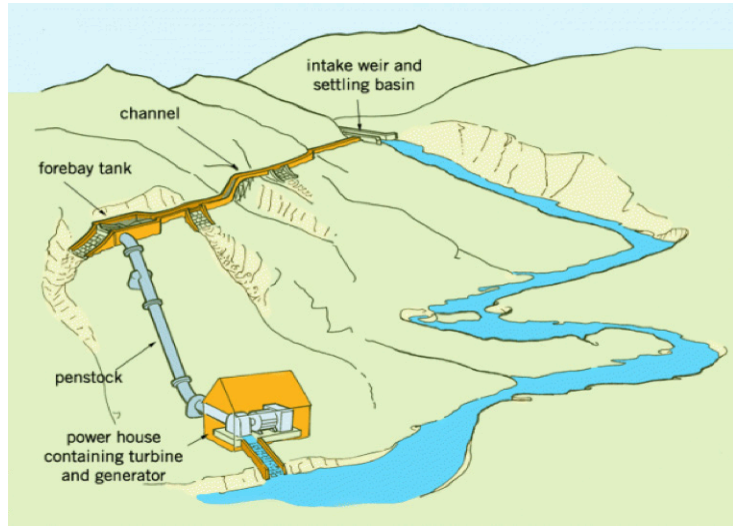
출처 : 다음



- 수로식: 하천상류를 막아 물을 수로에 유입시켜서 낙차를 얻어 발전하는 방식으로 하천의 큰 자연 낙차를 이용할 수 있는 경우에 경제적으로 개발할 수 있는 수력발전 방식으로서 수로에 의해 낙차를 얻기 쉬운 장소에 적합함.

〈그림 2〉
수로식 발전방식

출처 : Practical Actions



규모에 따른 분류

- 우리나라의 경우 신에너지 및 재생에너지 개발 이용·보급 촉진법에 의해, 수력발전을 재생에너지원으로 분류하고 있음. 재생에너지는 사전적의미로 재생 가능한 에너지를 의미하지만 여기에는 친환경적이라는 의미도 함께 내포하고 있음.
- 여러 수력발전종류 가운데 대형 규모의 경우, 환경 및 사회에 문제를 유발함에 따라, 대규모의 수력발전은 국내외적으로 재생에너지 범주에서 제외시키고 있음. 국가별로 일부 차이는 있겠지만 국내에서는 재생에너지로서의 수력발전은 소형 수력발전소 즉 '소수력'을 대상으로 하며, 이는 **시설용량 10MW 이하**의 수력발전으로 정하고 있음.
- 소수력발전의 경우 대형 수력발전방식과는 다르게 사회·환경영향이 무시할 만큼 적은 반면, 친환경 재생에너지로서

무한한 에너지를 생산할 수 있어 특히, 수자원이 풍부한 개발도상국의 전력소외지역에 안정적인 전력공급원으로 널리 활용되고 있음.

〈사진 1〉

수로식 소수력발전

출처 : Practical Action



소수력발전의 주요 장점

- 격오지역에 전력을 공급하는 모든 후보 에너지(태양광, 수력, 풍력 등) 가운데 수력이 가장 저렴함. 단, 대상지에 수자원이 필요.
- 수력발전은 성숙된 기술로, 상용화되어 현재 많은 개발도상국에서 제조되고 있음
- 수자원은 충분히 예측할 수 있고 하루 24시간 에너지를 생산할 수 있어, 식수, 통신 및 기타 서비스에 대해 보건 및 교육 센터에 다양한 서비스를 제공하는 데 안전하게 사용가능함
- 수력 발전은 에너지 집약적인 소비에 적합하며, 전력 생산에 필요한 한계비용은 무시할 수 있고, 양계장, 목재 가공, 농업 및 기타 소기업, 생산적인 소기업과 같은 여러 분야에 효과적이라는 것이 입증됨
- 설치, 운영 및 유지 보수를 위한 현지 기술 및 수준에 맞게 조정 가능함
- 수력(Hydro)은 청정 에너지로서, 환경 변화를 최소화하면서 온실가스 배출을 최소화할 수 있음

대형댐의 사회·환경영향

국제 대형댐 위원회(ICOLD)의 통계에 따르면, 전 세계 강은 2018년 기준 현재 약 55,000개의 댐에 의하여 가로막혀 있으며, 이로 인한 다양한 환경적, 사회적 문제가 발생하였음. 하지만, 현재 선진국을 중심으로 강 복원 운동이 활발히 추진되고 있으며, 특히 미국은 과거 약 100년간 철거한 댐 1,100여개 가운데, 최근 20년 동안 약 800여개의 댐을 철거하는 등 강 복원 운동을 가장 활발히 전개해 나가고 있음. 우선 그동안 댐건설로 인해 어떠한 환경·사회영향이 있었는지 살펴보고자 함.

2009년 중국은 양쯔강에 수력댐가운데 가장 큰 규모의 발전용량이 18,200MW(원전 약 20기 규모)인 삼협댐(Three Gorges)을 건설함.

이로 인해, 약 600km 에 걸쳐 평균수심 70m, 평균너비 1.1km의 인공호수가 만들어 졌으며 11개 도시 및 1백여개 마을의 수몰지역 주민 약 1백만명을 이주됨.

대형댐 건설로 인한 환경·사회영향

- (토지수몰) 약 1세기에 동안의 댐건설로 약 1백만km²-남한의 10배에 해당하는 지역(세계 육지의 0.75%)이 수몰되었으며, 댐건설로 수몰된 토지는 세계에서 가장 비옥한 농경지이거나 다양한 야생생물의 서식지인 습지와 숲으로, 많은 동식물이 삶의 터전을 잃음.
- (이주민 발생) 댐 건설로 인해 강제 이주당한 인구수가 현재 수천만 명에서 많게는 일 억 명까지 추산됨. 대부분의 이주민들은 수입 감소, 일자리 감소, 주거환경 악화, 연료와 사료 자원 감소, 영양 악화 및 육체적·정신적 건강 악화에 직면하고 있으며, 댐에 의해 생계를 잃은 사람들 가운데 대다수가 토착민과 부족민, 기타 사회적인 한계 계층인 소수민들임.
- (문화재 파괴) 댐에 의해 수몰된 계곡 하류지역은 과거부터 비옥한 토지로 인류의 오래된 거주지였음. 댐은 많은 중요한 고고학적, 문화적 유적들까지 수몰시키고 있으며, 세계 최대 규모로 건설된 중국의 삼협댐의 경우 600킬로미터에

〈사진 2〉
라오스 댐 붕괴사고

출처 : 뉴시스



달하는 양쯔강에서 약 1,000점 이상의 미발굴 고고학적 유적들이 수장된 것으로 알려짐.

○(국가간 분쟁)강 하나를 두고 상류와 하류를 나눠 쓰는 국가 사이에는 댐건설을 두고 분쟁이 종종 발생함. 중앙아시아의 우즈베키스탄, 타지키스탄, 키르기스스탄은 댐건설로 인해 분쟁을 겪고 있는 주요 국가로, 에너지 자립을 위해 댐건설이 절실한 타지키스탄과 키르기스스탄은 강 하류에 위치한 우즈베키스탄의 극심한 반대로 외국투자를 유치하는데 어려움을 겪고 있음. 이와 유사하게 중국-미얀마, 이라크-터키 등 다수의 국가에서 댐건설로 인한 분쟁이 발생함.

(생태적 변화) 강의 수로변경으로 인한 가장 큰 생태학적 재앙은 중앙아시아에 있는 아랄해가 축소된 사례임. 바다물의 증발은 아무 다르야강과 스리 다르야강으로부터의 물의 유입으로 보충되었지만 1960년대 이래, 면화 재배지에 물을 대기 위해 광범위한 댐과 운하망이 건설되어 아랄해로 유입되는 강물이 거의 사라짐.

○(생태적 변화)댐이 없는 강은 침식, 퇴적, 건조 등 역동적으로 끊임없이 변화하면서 다양한 자연 서식처로 형성됨. 하지만 댐은 강을 통제하여 홍수와 갈수라는 강의 계절적인 변화를 사라지게 함으로써 침전물과 영양소의 발생을 억제시킴. 이는 결과적으로 어류와 다른 강가에 사는 종들의 이동과 물의 흐름을 저해하고 강물의 온도와 화학적 조성을 바꿈으로써, 생태계에 악영향을 미침.

- (질병발생) 세계 최대 민물호수중 하나인 아랄해가 무분별한 댐건설로 인해 염분호가 되자 그 영향으로 사막으로부터 바람을 타고 유입되는 먼지는 호수 바다에 증금속으로 축적되었고, 주변지역의 공중보건에 치명적인 영향을 미침. 아랄해의 남부지역의 유아와 산모의 사망률이 높아진 점이 이를 증명하며 말라리아와 주혈 흡충병은 댐건설로 인해 확산된 주요 질병중 하나로 여겨짐.
- (자연재해) 대형댐 저수지의 무게는 지진을 야기할 수 있음. 비록 어느 댐이 지진을 유발한다거나, 언제 유발하는지, 얼마나 강력한 지진을 유발하는지를 예측하는 것이 아직은 불가능하지만, 2008년 중국의 쓰촨성 대지진의 발생 원인이 진앙지에서 5km 가량 떨어진 핑푸댐으로 인한 것이라는 중국과 미국 과학자들의 연구결과가 있음.

환경·사회 세이프가드(Safeguard)

댐과 같이 대형 인프라 사업의 무분별한 건설과 피해를 예방하기 위해 국제사회는 환경·사회 관련 제도의 도입을 시작함. 무상원조사사업에서 환경·사회에 미치는 영향은 상대적으로 작을 수 있으나, 인도주의적 목적이 강한만큼 환경사회영향에 대한 위험요소를 항상 고려할 필요가 있음. 실제 KOICA 원조사사업에도 환경영향에 대한 위험을 발견하고 대응한 사례가 있으며, 이는 사업기획에 있어 환경·사회영향 위험(Risk)에 대한 사전 인식의 중요성을 말해주고 있음.

환경·사회 세이프가드

○ 국제사회는 환경사회 영향을 최소화하기 위한 노력으로 관련제도를 도입하였으며, 양자원조기관은 OECD의 공통 접근(Common Approach), 국제금융회사 및 다자개발은행은 적도원칙(Equator Principle)을 준용하고 있음.

- (OECD Common Approach) OECD 회원국은 1990년 후반에 수출차관에 환경·사회적 영향과 위험요소를 규명하고 대처하기 위한 환경·사회 실사에 대한 기준을 제정하였으며, 법적 구속력은 없으나 회원국은 환경·사회적 영향이 높은 사업에 대한 정보공개 및 회원국의 지원현황을 모니터링을 요구하고 있음.

- (적도원칙) 금융기관이 프로젝트의 환경 및 사회적 리스크를 결정, 진단, 관리하고 책임성 있는 의사결정을 내리기 위해 최소한으로 요구되는 기준을 제공하기 위하여 자발적으로 채택한 위험관리 프레임워크(Framework)를 말하며, 현재 (18.10) 37개국 94개 금융기관이 적도원칙에 공식적으로 가입¹⁾하였으며, 신흥시장의 약 70% 이상의 프로젝트 차관이 적도원칙을 따르고 있음.

1) 한국은 한국산업은행(KDB)이 2017년 1월 국내기관으로는 유일하게 가입.

○ 이와 더불어, 국제개발사업의 프로젝트에서 환경 및 사회에 부정적인 영향을 미치는 잠재적인 요인을 정의, 방지, 최소화 하고 이러한 노력의 결과를 중요한 의사결정에 반영하도록 하는 장치로 세계은행(WB), 아시아개발은행(ADB), JICA (일본국제협력단) 등이 자체적으로 세이프가드(Safeguard)를 마련하여 적용하고 있음. KOICA의 경우, 환경·사회 세이프 가드 제도를 마련하고 현재 일부 프로젝트에 시범 적용하고 있으며, 향후 전체사업을 대상으로 확대할 계획임.

KOICA 사례

- 대상사업: 타지키스탄 전력소외지역 전력망 공급 및 보건 환경 개선사업(17-20/600만불)
- 조사내용: 당초 소수력발전소 건립사업으로 요청받은 동 사업은 심층기획 조사결과(16.10.11~10.22), 약 35m 높이의 콘크리트 댐 건설로 인해, 강의 상류 약 1.0 km 지점까지 물에 잠길 것으로 조사됨. 다행히 해당지역에 민가가 없어 주민 이주문제의 발생가능성은 낮으나 해당위치가 목축을 위한 통행로로 이용되고 있어 이에 대한 대책마련 필요한 상황이었음. 해당지역에 특별보호 어종은 확인되지 않았으나, 다양한 물고기의 서식지로 댐건설로 인해 어로가 차단되어 강하류 지역의 생태계에 교란을 야기할 가능성이 있는 것으로 조사됨.

〈사진 3〉
수력댐 설치 예정지



- 결과: 해당지역 주변으로 중앙아 최대 규모의 로군 수력발전 댐(총 용량 3,600MW)건설로 인해 발생하는 우리 지원사업 기대효과 저하와 기획조사에서 제기된 생태환경 변화

가능성에 대한 문제점 등을 바탕으로 수원국 담당부처인 에너지부에 해당사업의 지원이 어려운 사유를 설명함. 수원국 담당부처를 설득한 결과, 전력소외계층의 전력보급에 대한 목표는 유지하되, 사업지원방향을 기존 소수력 댐사업에서 전력망 구축 사업으로 환경영향을 최소화 하는 방향으로 수원국과 최종 합의함.

나가며

- 라오스 세남노이 댐사업의 사고로 인해 인명 및 재산손실로 인해 고통 받는 피해자에게 심심한 위로와 애도를 전하는 한편, 이 사건을 계기로 많은 이들이 대형 해외 인프라 사업이 환경사회에 미치는 영향에 대해 큰 관심을 갖게 되었다는 점은 다행으로 여겨짐.
- 현재 전세계 인구의 약 5분의 1(약 15억 명)은 전기 미보급 지역에서 살아가고 있으며, 전력소외계층인 이들은 국제사회로부터의 여전히 많은 지원을 필요로 하고 있음.
- SDG(지속가능개발목표) 7번 목표에 따르면 UN은 2030년 까지 전 세계의 현대식 에너지 접근기회 보장을 목표로 설정함. 다만, 금번 라오스 댐사고로 우려되는 한 가지는 그동안 수력발전이 전력소외지역의 전력문제 해소에 상당 부분 기여를 했음에도 불구하고 수력발전사업에 대한 부정적인 이미지가 대내외적으로 각인되는 것이 아닌가 하는 것임.

2) UNDP. 2016. A Renewable Energy for Rural Livelihood Programme, "Annual Report".

- 현재 개도국 격오지역에서 생활하는 많은 주민들은 소수력 발전을 통해서 전기를 공급받고 있으며, 그 효과성에 대해서는 국제기구 등 국제사회에서 지원한 여러 프로젝트 사례들을 통해 검증된 바 있음.²⁾ 이에 따라, 사회·환경문제를 야기하는 대형 댐과는 다르게, 수로식 소수력발전은 개도국 전력소의 지역을 대상으로 지속적인 지원이 필요하다고 판단됨.
- 국제사회는 대형댐 건설로 인해 발생하는 여러 종류의 문제들을 이미 충분히 경험하였으며, 그 대책으로 세계은행을 비롯한 다자개발은행 등 국제금융기구들은 대형댐 건설에 공적자금의 투입되는 것을 여러 제도적 장치를 마련하여 제한하고 있음.
- 이러한 국제사회의 흐름에 발맞춰 KOICA는 2018년 환경·사회 세이프가드를 도입하여 일부사업에 시범 적용 중에 있으며, 향후 전체사업으로 확대할 계획임. 환경·사회 세이프가드제도의 성공적인 안착을 위해 모두의 관심과 이를 사업에 적용하기 위한 지속적인 노력이 필요하다고 생각함.

참고문헌

- Patrick McCully and Susanne Wong, International Rivers Network Prepared for the UN Symposium on Hydropower and Sustainable Development, Beijing, China, October 27–29, 2004.
- UNDP. 2016. A Renewable Energy for Rural Livelihood Programme, “Annual Report”
- ICOLD, International Commission on Large Dams, “<http://www.icold-cigb.org/>”. 접속일(2018.10.21.)
- Practical Actions, “Small hydro is a friendly and sustainable energy option”, “<https://practicalaction.org/small-scale-hydro-power>”. 접속일(2018.10.22.)
- 산업통상자원부. 2014. 『제4차 신재생에너지 기본계획』
- 한겨레. 2013. “경제이익 있어도 환경피해 크면 철거. 2013.10.06., available at <http://www.hani.co.kr/arti/society/environment/605995.html>(검색일 2018.10.21.)
- 한국에너지공단 신재생에너지센터, 2018. Available at “https://www.knrec.or.kr/energy/waterpower_intro.aspx” 접속일: 2018.10.22.
- 한국국제협력단. 2017 『환경주류화 지침 개정(안)』. 2017
- 한국국제협력단. 2016. 『타지키스탄 소수력발전기반 보건 및 농촌개발사업 심층기획조사 결과보고서