

연구노트

## 조력발전사업에서의 환경적 영향 분석을 통한 환경·사회적 갈등 저감방안

안세웅·이희선

한국환경정책·평가연구원

(2012년 6월 19일 접수, 2012년 7월 10일 승인)

### Reducing Plan of Environmental and Social Conflicts for Tidal Power Plant through the Analysis of Environmental Impact

Se Woong Ahn · Hi Sun Lee

Korea Environment Institute

(Manuscript received 19 June 2012; accepted 10 July 2012)

#### Abstract

The major causes of environmental and social conflicts were analyzed through the samples of the construction and the management for tidal power plant abroad and inland. Based on the results, the eco-friendly and socially acceptable policy instruments for decreasing the scope and intensity of the conflicts were explored. Regarding environment issues, it was found that the tidal power project resulted in decreasing in tidal range and area of intertidal zone and in damaging to tidal flat and wetland conservation area. Also there are the characteristic change of tidal current and biological effect, etc. The major environmental and social conflicts were resulted from the distrust of environmental results to environmental impact assessment and prior environmental review and the distrust of project feasibility study, and insufficient activities of public participation.

In this study, introduction to joint fact-finding(JFF) was reviewed as the measure of minimizing environmental and social conflicts.

Keywords : Tidal Power, Environment Impact, Environmental and Social Conflict, Public Participation, Joint Fact-Finding

## 1. 서론

조력 발전은 에너지원이 무한하고 에너지 밀도가 높아 대규모 개발이 가능하여 국가에너지 자급도와 기후변화 대응에 큰 역할을 할 것으로 기대되고 있다. 이에 따라 개발 가능한 조력자원을 보유한 국가들은 이를 주요 대체 에너지 자원의 하나로 주목하고 활발한 조사와 연구를 진행하여 왔다. 2011년 세계 조력에너지 공급량은 1,153GWh로 전체 재생에너지공급량 중 0.1% 미만으로 아직까지는 미약한 수준이다. 2011년 말 기준 운영되고 있는 조력발전 시설은 프랑스의 랑스(Rance), 캐나다의 아나폴리스(Annapolis), 러시아의 키슬라야 구바(Kislaya Guba), 중국의 장샤(Jiangxia) 그리고 우리나라의 시화조력까지 총 5 곳이다.

우리나라는 삼면이 바다에 둘러싸여 있으며, 특히 서해안의 경우 조수간만의 차가 크고 해안선이 발달해 있어 조력 발전을 위한 최적지로 평가받고 있다. 우리나라의 조력발전 부존량은 시화, 가로림, 인천만 등 총 7개소에서 시설용량 6,444MW, 연간 발전량 10,203GWh 가량 인 것으로 분석되고 있다.

2004년 해양수산부에서는 '해양수산발전 기본계획'을 통하여 2030년까지 2,040MW의 조력발전설비를 보급하도록 목표를 설정하였다. 이 계획은 2008년 '제3차 신재생에너지 기술개발 및 이용보급 기본계획'에서 새롭게 보완되었으며, 보급달성 목표는 3,228MW(조류발전 포함)로 증가되었다.

2012년 의무할당제도가 시행됨에 따라 의무부과 대상 사업자들은 대규모 신재생에너지 생산이 가능한 조력발전사업에 앞 다투어 나서고 있다. 2011년 우리나라에서 가동 중인 조력발전시설은 시화조력발전소가 유일하나, 가로림 조력(520MW), 강화 조력(소규모안, 420MW), 인천만 조력(중규모안, 1,320MW), 아산만 조력(254MW)까지 총 4개 사업(시설용량 2,514MW)이 계획 또는 추진되고 있다.

그 동안 조력발전 보급 확대를 위하여 기술개발과 입지 분석을 통한 부존량 산정, 정책·재정적 지원방안에 대한 연구와 논의는 지속적으로 수행되어 왔으나, 조력발전시설의 건설 및 운영에 따른 환경

적 영향에 대한 연구는 아직까지 부족한 상태이다. 조력발전의 경우 환경에 미치는 영향의 정도와 범위가 매우 커 환경·사회적 문제를 야기할 가능성이 매우 높다. 해양에서의 대규모 개발사업에 따른 부정적 환경영향은 이미 시화호나 새만금 사업을 통하여 겪은 바 있으며, 우리보다 앞서 보급을 시행했던 선진국에서도 초기 단계에 이러한 시행착오를 겪은 사실이 여러 경로를 통하여 보고되고 있다. 또한 최근 국내에서 추진되고 있는 모든 조력발전사업에서 환경피해에 대한 우려와 사회적 갈등이 심각하게 나타나고 있다. 따라서 해양에너지의 보급에 따른 환경·사회적 영향을 분석하고, 환경 친화적이고 효율적으로 국토를 이용할 수 있는 방안을 마련하는 연구의 수행이 반드시 필요하다.

따라서 국내외 조력에너지 개발 사업 또는 계획 과정에서 제기된 환경적 문제점들과 환경·사회적 갈등 사례 및 쟁점들을 분석하여 근본 원인을 도출하고, 문제 및 갈등을 저감하기 위한 방안을 마련하여 환경 친화적이고 사회적 수용성을 고려한 조력발전 개발정책방향을 제시할 필요가 있다. 이를 위하여 가로림만, 인천만, 강화조력 사업을 중심으로 환경·사회적 갈등사례를 조사하여 근원 원인들을 분석하였으며, 해외 환경갈등 해결사례에서 나타나는 공동사실조사(Joint Fact-Finding)기법을 국내 조력발전사업에 시범적으로 적용하여 그 일련의 과정들을 분석함으로써 국내 조력발전사업에의 적용 가능성과 효과적 적용 방안에 대하여 살펴 보았다.

## II. 국내외 사례에서 나타나는 환경적 영향

### 1. 수위차 감소와 조간대 면적 변화

만조 시의 최고 해수면 높이가 하강하고, 간조 시 최저 해수면 높이가 상승하게 되면서 방조제 건설 전보다 수위차가 감소하게 된다. 프랑스 랑스조력발전소의 경우 최고 해수면 높이가 0.7m 감소하였으며, 최저 해수면 높이는 발전소 건설 전보다 상승한 것으로 보고되고 있다. 가로림만 건설사업의 경

우, 만조 시 방조제 내부 고조위는 0.2~0.5m 하강하고, 간조 시의 저조위는 최대 4.0m까지 상승하며, 인천만 역시 고조위는 1.0~1.5m 하강하고, 저조위는 최대 2.0~4.0m까지 상승할 것으로 예상되고 있다.

수위차 감소는 조간대 면적을 감소시켜 조력발전조지 내 갯벌 또는 습지의 훼손을 야기한다. 즉 기존에 만조 시 해수면 아래 잠기던 고조위의 갯벌 또는 습지는 건설 이후 지속적으로 해수면 밖에 노출되며, 반대로 간조 시 해수면 밖으로 노출되던 저조위의 갯벌 또는 습지 면적은 지속적으로 해수면 아래에 잠긴 상태가 된다. 프랑스 랑스조력발전소의 경우 조간대 면적이 발전소 건설 후 20%가량 감소하였으며, 가로림 조력발전사업의 경우 최대 조간대에는 30.3%, 최소 조간대에는 69.8% 가량 갯벌 면적이 감소할 것으로 예상된다. 강화 조력발전사업의 대규모 안의 경우 인천 석모도 일대 갯벌이 최대 7.65km<sup>2</sup>(여의도 2.5배) 가량 줄어들게 될 것으로 예상되며, 인천만 조력발전사업의 경우 현재 104.7km<sup>2</sup> 인 갯벌의 면적이 86.8km<sup>2</sup>로 약 17.1% (여의도 6.1배) 가량 감소하게 될 것으로 예상된다.

수위차 감소에 따른 조간대의 변화는 갯벌 및 습지에 커다란 환경영향을 발생시킨다. 기존의 갯벌 생태계는 사라지고 육상으로 노출되는 지역에는 새로운 육상 생태계가 형성되며, 영구적으로 잠기게 되는 지역은 일련의 생태계 적응기간을 거쳐 새로운 해양 생태계가 형성된다. 이 과정에서 많은 갯벌 생물들의 폐사가 발생하여 조력발전 조지 내의 수질악화 및 이를 먹이로 삼는 조류나 어류 등 기타 생물들에도 부정적 영향이 예상되며, 생태계 적응단계 이후에도 생물종 다양성의 변화 등 지속적인 영향이 남게 될 것으로 예상된다. 또한 이러한 영향과 변화에 따라 해당 지역에서 어업 등의 생계활동을 하는 지역주민들에게도 경제적 손실이 예상된다.

## 2. 조수 특성의 변화

조지 내외의 조류 특성 변화는 조력발전시설을 운영하는 동안 불가피하게 발생한다. 먼저 조지 내

유속이 전반적으로 감소하여 전체적으로 퇴적현상이 발생하게 되며, 수문 전면 수로부와 같은 일부 구역에서는 유속 증가에 따른 세굴현상이 발생하게 된다. 가로림만의 경우, 대조기 창조 시 수문 전면 수로부에서 9~87cm/s 정도 유속이 증가하며, 만 중앙 수로부에서 16~40cm/s, 조간대에서는 5~15cm/s 가량 유속이 감소하게 된다. 만 하부의 경우 수로부에서 8~28cm/s, 조간대에서 3~15cm/s 가량 유속이 감소하는 것으로 예상된다. 인천만 사업의 경우 조력발전 조지 내 전반에 걸쳐 유속이 감소하며, 특히 수문 남동측 방조제 전면과 장봉도 서단에서의 퇴적이 크게 증가할 것으로 예측된다. 반면, 발전수차 및 수문 부근 내외해의 유속은 증가하는 것으로 나타난다. 강화조력의 경우, 조력발전 조지 내부와 강화북수로의 퇴적이 크게 발생하며 국지적인 침식과 퇴적이 진행되어 지형의 급격한 변화가 예상되며, 특히 강화북수로의 퇴적이 진행됨과 동시에 조력방조제에 의해 해수와 담수의 유출입량이 강화북수로에 집중됨에 따라 홍수기에 교통, 강화도 저지대, 김포, 임진강 유역, 북한지역에 침수피해발생우려가 제기되고 있다.

조력발전 조지 내 전반적인 유속 감소는 해수의 체류시간을 변화시켜 조간대 지역의 침수 노출시간에 영향을 주며 이는 조간대 면적의 감소에 영향을 준다. 또한 퇴적물이 침전되어 기존의 모래 갯벌을 펄질갯벌로 변화 시키는데, 가로림만의 경우 운영 시 펄질화 면적은 46.9km<sup>2</sup>로 만 면적의 41.7%이며, 이는 현재보다 19.7km<sup>2</sup>, 약 17.5% 증가한 수치이다.

또한 유속저하와 해수유통률 감소에 따라 만 내에 유입되는 오염물질이 외해로 배출되는 능력이 저하되어 수질을 악화시킬 가능성이 있으며, 부유물이 침전됨에 따라 조력발전 조지 내부 해수의 탁도가 감소하여 태양광선이 더욱 잘 투과됨으로써 식물성 플랑크톤의 대량번식이 야기될 수 있는 조건을 형성하게 된다. 이러한 변화는 조력발전 조지를 정온해역으로 변화시켜 단기간에는 양식업 등에 유리한 조건을 만들기도 하지만, 장기적으로는 생

물다양성의 감소와 어종의 변화를 야기하며 수질악화를 가속시켜 조력발전 조지 내 어업 및 양식업에 타격을 줄 가능성이 있다. 또한 조력발전 조지 내 해수의 체류시간 증가와 유통률 감소는 조수압력 저하로 인한 조력발전 조지 내 염도 변화를 발생시켜 생물상의 변화를 야기할 수 있다. 가로림만의 경우 30조석주기 해수교환율이 약 8% 가량 감소할 것으로 예상되고 있다.

### 3. 갯벌·습지보존지역 훼손 및 생물학적 영향

조력발전 조지 내 생물상의 변화는 건설기간 동안의 해수흐름 차단, 해수유통률 감소에 따른 염도 변화, 조간대 면적의 감소 등 여러 가지 요인에 의해 발생한다. 프랑스 랑스조력발전소의 사례처럼 조력발전 건설기간 동안 수년간 해수흐름을 차단한 채로 공사를 진행하면 조력발전 조지 내부의 동·식물상은 거의 사라지게 되며, 발전소를 가동하기 시작하면 해수의 유통이 일정부분 가능하기 때문에 점차 조력발전 조지 내의 생물다양성은 회복되나 오랜 시간과 추가적인 노력을 요하게 된다. 또한 조상대, 조간대, 조하대 면적의 변화에 따라 해당 지역에 서식하는 생물상에 커다란 변화가 발생하며, 이러한 영향은 먹이사슬의 상위계층에까지 연쇄적으로 나타나게 된다. 프랑스 랑스조력발전소의 경우 새로운 환경에 따른 생태계의 회복 및 적응에 10

년 이상의 시간이 소요되었으며, 새로 조성된 생태계는 이전과는 다른 생물다양성을 나타낸 것으로 보고되고 있다.

어족자원은 해수유통률 감소에 따른 염도변화, 조간대 면적의 감소, 조력발전 조지 내 생물상의 변화, 외해 해류의 변화, 이동경로 차단, 터빈의 영향 등 여러 가지 요인에 의해 영향을 받게 된다. 특히 조력발전소 건설 및 운영에 의해 어류의 서식지나 산란처가 훼손될 경우 그 정도는 더욱 심화될 수 있다. 어족자원은 조력발전 조지 내 생물상의 변화와 마찬가지로 새로운 해양환경이 조성, 안정화되면 회복되나 그 기간이 상당히 소요되며, 기존과는 다른 어장 환경으로 변화하게 된다. 프랑스 랑스조력발전소의 경우 회유성 어종은 감소하고 정착성 어종은 증가하였으며, 어족 자원량은 건설 이전과 유사한 수준으로 회복되었으나 생물다양성은 크게 감소한 것으로 보고되고 있다.

### III. 국내 사례에서 나타나는 환경·사회적 갈등

현재 국내에서 계획 또는 추진 중인 인천만, 강화, 가로림만 조력발전사업 과정에서 나타나는 환경·사회적 요소와 이에 대한 사업자와 반대측 의견들을 종합하면 표 1과 같다.

표 1. 국내 조력발전사업 과정에서 나타나는 환경·사회적 주요 쟁점<sup>1)</sup>

구 분	사업자/찬성측	반대측
수위차	<ul style="list-style-type: none"> <li>고조위 하강, 저조위 상승으로 만 내 수위차 감소</li> <li>친환경 설계 및 운전을 통하여 수위차 감소 최소화</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>만 내 퇴적 발생으로 인한 감소량 추가 산정 필요</li> <li>기대 발전량이 나오기 어려우며, 향후 퇴적으로 인해 심화 예상</li> </ul>
갯벌면적	<ul style="list-style-type: none"> <li>조간대에서 조하대 또는 조상대로 변화됨에 따라 갯벌면적 감소 예상</li> <li>친환경 설계 및 운전, 인공습지 조성을 통하여 감소 면적 최소화</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>필질퇴적과 조상대의 육지화에 따른 감소면적도 포함되어야 함.</li> </ul>
해수유통률	<ul style="list-style-type: none"> <li>만 내 해수유통률이 기존 저하 예상</li> <li>공사 시 해수유통 유지 및 운영 시 친환경 운전방식을 통하여 해수유통률 저하 최소화 방안 마련</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>만 내부로 갈수록 해수유통률 저하 심화</li> <li>오염물질 축적, 염도구배 변화 등에 의해 갯벌의 부패 진행, 생태계 훼손 발생</li> </ul>

1) 사업자/찬성측 의견은 각 조력발전사업의 사전환경성검토서 또는 환경영향평가서(참고문헌 참조) 및 사업자와의 세미나, 면담 등을 통하여 제시된 의견들을 종합한 것이며,

표 1. 계속

구 분	사업자/찬성측	반대측
유속 및 침퇴적	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 수로부, 수문 내외부에서 유속증가에 따른 침식 발생</li> <li>■ 만 내 조간대 지역의 유속 감소에 따른 퇴적 발생</li> <li>■ 유속저하에 따른 조간대 연간 퇴적량은 매우 미미</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 만 내 수로부의 유속증가에 의한 침식으로 세굴현상 발생, 갯벌 및 생태환경 훼손 우려</li> <li>■ 조간대의 유속저하로 필질퇴적</li> <li>■ 만 중앙 및 하부 조간대의 유속은 임계유속 이하로 저하되어 급격한 퇴적발생 가능</li> </ul>
수질	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 해수유통률 감소로 수질의 소폭 악화 우려</li> <li>■ 외부 오염 유입원에 대한 관리방안 마련</li> <li>■ 일차 생산량 증가와 부영양화에 대비한 단주기 모니터링 시스템 구축</li> <li>■ 바지락 등 패류양식 어업허가를 통한 생물학적 영양염 제거방안 도입 검토</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 감소한 갯벌에서의 생물 폐사 및 정화능력 감소</li> <li>■ 뿔질 퇴적에 의한 조하대 갯벌 부패</li> <li>■ 해수교환율 감소에 따른 유기염류 축적, 부영양화 및 적조현상 등의 원인에 의해 수질이 심각하게 악화</li> </ul>
홍수 (강화)	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 예보에 따라 담수, 방류시기 조절 등을 조절함으로써 홍수조절 기능 수행 가능</li> <li>■ 백중사리와 집중호우가 겹치는 상황에서도 기존의 고조위보다 낮은 수위를 유지하게 됨.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 대규모 담수 유입지점이며, 매년 토사 퇴적량의 자연적 증가로 홍수위가 높아지고 있음.</li> <li>■ 2개의 수로로만 해수가 유입되어 예상강 하구의 흐름이 단조로워지고 유속이 증가</li> <li>■ 석모수로와 교동수로가 차단됨에 따라 강화북수로에 집중되어 수위 상승(약 68cm)</li> <li>■ 교동, 강화도 저지대와 김포, 인천강 유역의 침수발생 가능성이 있으며, 북한지역으로의 월경효과도 우려</li> <li>■ 예상강과 강화북수로에 대한 유량 및 유속, 수심 등의 조사가 누락된 상태에서 홍수기 피해 예측 결과를 신뢰하기 어려움.</li> </ul>
자연생태환경	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 갯벌생물을 채식하는 조류에 영향 예상</li> <li>■ 조수 및 조류환경 변화에 따른 플랑크톤 및 난·자치어 등에 영향</li> <li>■ 조간대 면적 변화, 조석체계 변화, 퇴적물의 이동(세굴 및 퇴적) 변화에 따른 조하대 및 조간대 저서생물, 어류 등에 영향</li> <li>■ 수문 및 수차 운영에 따라 난·자치어 영향(소음, 해양생물 이동경로) 예상</li> <li>■ 전체적인 영향의 정도와 범위가 크지 않으며 수년 내에 생태계 재구성에 의해 안정화될 것으로 예상</li> <li>■ 조류 대체 서식지 조성, 예비경보 시스템 구축, 어류 충돌피해 저감대책 마련</li> <li>■ 갯벌 폐쇄생태계 현장실험을 실시하여 갯벌에 미치는 환경영향 분석 및 저감방안 실증 계획</li> <li>■ 지속적인 모니터링을 통한 저감방안 마련</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 섭식지, 휴식처의 훼손으로 조류에 큰 피해(도요, 검은머리물떼새, 저어새 등의 보호조류 서식지, 특히 멸종위기 2급 알락꼬리마도요의 경우 50~70%까지 개체수 감소 예상)</li> <li>■ 플랑크톤에의 영향은 상부 모든 생태계에 연쇄적 과급효과 유발</li> <li>■ 지역의 주요 수입원인 어패류 양식, 첫새우, 꽃게 등에 큰 피해 우려</li> <li>■ 어류의 산란 및 생육장소 훼손으로 어족자원 감소</li> <li>■ 회유성 어류의 이동경로 차단 및 발전수차에 의한 어류 피해</li> <li>■ 방조제가 폴립 역할을 하여 해파리의 대량 발생 가능성(새만금 사례와 유사)</li> <li>■ 사전환경성 검토, 환경영향 평가에서 조사미비 또는 고의적으로 누락된 사실이 많으며, 조사과정에서 인지하지 못한 사실에 대하여 영향이 없거나 미미한 것으로 주관적 결론을 내림.</li> </ul>
사업타당성	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 정격낙차의 40%까지 미달하여도 발전 가능</li> <li>■ 20년 동안의 해수면 변화에 대한 장기예측을 통하여 발전량 산정</li> <li>■ 환경비용을 반영하여도 경제적 타당성이 확보됨</li> <li>■ 가로림만 : 1.25</li> <li>■ 인천만(중규모안) : 2.132</li> <li>■ 강화(대규모안) : 1.794</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 고조위 하강, 저조위 상승으로 조지 내 수위차가 감소하여 정격낙차에 미달</li> <li>■ 특히 사리 시 실제 일일 발전시간은 4~6시간에 불과하며, 수위차가 매우 적어 발전이 불가함</li> <li>■ 일괄적으로 최대 발전가능 환경을 적용하여 발전량을 산정한 것으로 추측</li> <li>■ 경제편익이 과대평가되어 있으며, 반대로 환경비용은 축소되어 있음.</li> <li>■ 가로림만 : 0.81</li> <li>■ 인천만(중규모안) : 0.814~0.833</li> <li>■ 강화(대규모안) : 1.113</li> </ul>

반대측 의견은 각 조력발전사업 별 관련 연구자료(참고문헌 참조), 공청회, 토론회 자료 및 관련자 면담을 통하여 수집된 정보를 바탕으로 종합하여 제시한 것임.

## IV. 국내 사례에서 나타나는 환경·사회적 갈등의 근본 원인

### 1. 사업타당성 검토, 사전환경성검토 및 환경영향평가에 대한 불신

국내 조력발전사업에서는 공통적으로 사전환경성 검토나 환경영향평가에 대한 불신이 강하게 나타나고 있다. 이는 현재 조력발전사업과 유사한 새만금, 시화호 사업이 사전환경성 검토와 환경영향평가 후에 사업이 추진되었지만, 예상결과와는 달리 여러 환경·사회적 문제점들이 나타남에 기인한 바가 크다. 또한 사업자에 의해 수행되는 검토와 평가가 충분한 사전조사와 연구, 방법론에 대한 검증이 충분하지 못한 경우가 많아 조사기간, 내용, 방법 등이 부실하며, 해당 지역에 대한 지식과 경험이 풍부한 지역주민들의 의견조차 제대로 반영하지 않은 채 성급하게 결론이 도출됨에 따라 검토서나 평가서에 누락 등의 여러 가지 문제점들이 나타나고 있다는 것이 조력발전사업을 반대하는 지역주민 또는 환경단체의 주장이다.

또한 반대측 의견에 따르면, 조력발전사업의 타당성이 객관적 사실에 의해서가 아닌 정책결정자의 의지 또는 협의에 따라 결과가 뒤바뀌는 사례가 빈번하여 불신을 키우고 있다고 주장하고 있다. 예를 들어, 가로림만 조력발전사업의 경우 1970년대부터 타당성 조사가 시작되었으며, 2007년 수행된 타당성 검토의 결과에서도 부적합하다는 결론이 도출되었으나, 정권이 교체된 이후 사업이 타당한 것으로 뒤바뀌었다는 것이다. 사업타당성 검토의 결과가 달라진 데에는 정책추진 방향의 전환, 국제 에너지 가격 상승 등 여러 가지 여건들에 의한 바도 존재하나, 사업타당성을 검토하는데 기준이 되는 여러 지표들에 대한 객관적 기준이 부재하다는 것이 더 큰 문제로 지적된다. 즉 타당성 검토 주체에 따라 제각기 다른 기준을 적용함으로써 상이한 결과가 도출되어 주민들의 혼란을 야기하고 결과가 신뢰를 얻지 못하고 있다는 것이다. 따라서 해당 사업에 대한 사업타당성 검토 결과가 신뢰성을 얻을 수 있도록

정부에서 객관적 지표를 마련하는 논의가 지속적으로 이루어져야 한다는 지적이 제기되고 있다.

### 2. 주민의견 수렴방식에 대한 불만

우리나라의 제도적 구조상 사업진행 과정에서 주민들의 의견이 수렴될 수 있는 기회는 매우 제한적이며, 이에 따른 문제점들은 비단 조력발전사업뿐만 아니라 기타 여러 개발 사업을 통하여 지적되어 왔다. 즉 현재 사업자에 의한 조사가 지역주민의 지식과 의견(또는 해당 사업 및 지역에 대한 외부전문가의 지식과 의견)을 충분히 반영하지 못하고 있으며, 그 결과로서 제출되는 보고서 역시 지역주민 또는 외부전문가의 지식과 의견이 누락 또는 배제된 채 결론 내려지는 경우가 많다는 것이다. 또한 사업 설명회 등을 통하여 제공되는 정보는 매우 포괄적이고 정확한 정보 전달보다는 사업홍보와 보상에 치중되어 있어 주민들의 정보욕구를 충족시키지 못하고 있다. 또한 공청회가 사업의 홍보나 일방적 결과 통보 형식에 그쳐 실효성이 떨어지고, 사업추진이 사실상 결정된 상태에서 제도에서 요구하는 조건을 충족시키기 위하여 실시하는 요식행위에 불과하며, 주민의견을 수렴하는 자리에서 주민협의를 얻어내기 위한 차선책들을 제시하는 것만으로는 동의를 얻기 어렵다는 지적이다. 또한 공청회 등에서 주민들이 제기하는 문제점들에 대한 수용여부는 사업 승인과는 무관하고, 공청회의 개최여부와 주민동의서명 확보라는 절차적 행위에만 초점이 맞춰지고 있다는 점에 대해서도 문제를 제기하고 있다. 따라서 현재 진행되고 있는 주민의견 수렴절차의 과정에 도입하여 이러한 문제점들을 저감할 수 있는 정보 제공 및 의견수렴 방안이 필요하다.

## V. 환경·사회적 갈등 저감을 위한 공동 사실조사(JFF)의 도입 방안

환경논쟁에 관계된 대부분의 이해당사자들은 서로 다른 과학적 이해도를 갖는다. 조력발전사업의 경우, 사업자의 과학적 이해도와 정보는 풍부하지

만 이를 공유 또는 협업할 수 있도록 하는 제도적 장치가 미약하므로 또 다른 이해당사자들인 지역주민의 이해도와 정보는 취약해지는 불균형이 나타난다. 이러한 불균형은 협업의식을 떨어뜨리고 협업 과정의 진행을 어렵게 하며, 자신들의 입장을 고수하는 과학적 지식들을 동원하게 되면 이해당사자들 간의 협업가능성은 더욱 낮아지게 된다.

Joint Fact-Finding(JFF)은 합의형성 과정(consensus building process)의 하나로, 복잡한 과학적·기술적 질문들을 다루기 위해서 수행된다. JFF는 복잡한 과학적·기술적 내용에 대한 인식과 정보의 불일치에 대하여 정보를 제공하고 교환할 수 있는 자리를 마련함으로써 공유된 이해를 쌓고 정책에 적용될 수 있도록 도와준다. 또한 과학적·기술적 방법들, 데이터, 결과물과 해석에 대한 논쟁을 해결하는 데에도 도움을 준다.

JFF는 크게 안건을 채택하고 논의, 협의하는 협의체 과정과 연구 및 사실관계 확인을 위하여 진행되는 조사과정으로 나뉜다. 협의체는 의사결정자와 중재자(Mediator), 이해관계자 등으로 구성되며, 모든 구성원들 간의 직접대화를 통하여 사실검증이 가능한 안건을 채택하고 합의 증진 및 불일치·불확실성의 범위를 좁히며, 최종적으로 협의문서를 작성하는 역할을 한다. 또한 협의체는 복잡한 기술적 정보들에 대하여 전문적 지식이 부족한 이해당사자들의 이해를 도와줄 수 있는 역할(Translating)을 수행할 중립적 전문가도 반드시 포함되어야 한다.

조사과정은 협의체 내의 논의를 통해 구성된 조사단에 의해 수행되며, 중재자(mediator)와 동수의 이해관계자 및 각 측을 대표하는 전문가들의 참여가 필수적이다. 조사단은 협의체에서 채택된 안건들에 대한 정보수집, 사실 확인 등의 작업을 수행하며, 현장에서 추가적으로 수집되는 안건들에 대해 정리하여 협의체에 보고함으로써 논의가 가능하도록 하는 역할을 수행한다.

본 연구에서는 인천만 조력발전사업을 대상으로 JFF 수행을 시도하였다. 먼저 의사결정자인 관련 정부부처에 참여를 요청하고 사업자 및 반대 지역

주민단체의 참여의사를 확인하였으며, 이해당사자 모두가 수용 가능한 중립적 위치의 위원들로 중재단을 구성하였다. 또한 사전에 협의회에서 논의될 안건들을 제공하고 이에 대한 양 측의 과학적 입증자료와 의견을 정리할 수 있도록 하였다.<sup>2)</sup> 본 연구에서는 JFF를 시도하는 과정에서 나타나는 문제점들과 논의 안건에 대한 각 이해당사자들의 의견들을 종합적으로 분석하여 제시하였으며, 이를 바탕으로 향후 조력발전사업에서 JFF가 원활하고 효과적으로 적용되기 위한 방안들을 모색하였다.

## 1. 정보 불균형에 따른 논의 사안의 선택

모든 의견수렴방안들과 마찬가지로 JFF는 사업 논의 초기단계에서 병행됨으로써 정보의 공평한 분배와 검증의 용이성을 확보하는 것이 가장 바람직하나, 현재 우리나라의 제도적 구조상 의견수렴절차는 사업계획 또는 추진이 상당부분 진행된 상태에서 이루어짐에 따라 이해당사자 간의 정보의 불균형이 심각하게 발생한 상태이다. 국내 조력발전사업의 경우, 사업자는 사업타당성검토에서부터 환경영향평가에 이르기까지의 과정을 통해 과학·기술적 정보 및 근거를 확보하고 있는 반면, 반대주민측의 경우 이에 대한 정보나 근거자료가 상대적으로 취약하다. 그러나 조력발전사업과 관련된 과학·기술적인 연구는 많은 비용과 시간, 전문적 지식을 요하므로 현 시점에서 반대측에 의한 조사와 연구를 원점에서부터 다시 시작하는 것 또한 어렵다.

따라서 현재의 국내 조력발전사업에서 JFF를 효율적으로 적용하기 위해서는 이해당사자 양측 모두가 인지하고 있으며 과학·기술적 논의가 가능한 사안을 우선적으로 선택하여 협의체 내에서의 정보 공개와 검증을 중심으로 협의를 진행하는 것이 보다 효율적일 것이다.

가장 간단한 적용 가능한 예로, 인천만 조력발전

2) 그러나 협의체 구성을 마친 단계에서 각 측의 입장이 번복되고 참여에 난색을 표함에 따라 실제 협의체가 운영되지는 못하였으며, 따라서 차선책으로 각 측의 입장과 의견들을 서면 또는 면담을 통해 수렴하였음.

표 2. 인천만 조력발전사업 발전량 산정 관련 논쟁

구 분	내 용
(사업설명회 등) 보편적으로 제공된 정보	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 인천만 지역의 조수간만의 차는 평균 8.1m</li> <li>■ 조력발전사업에 따른 연간 발전량 2,414,GWh(중규모안)</li> </ul>
연구보고서 등에 제시되어 있는 정보	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 방조제에 의해 고조위 하강, 저조위 상승으로 수위차 감소</li> <li>■ 발전수차의 정격낙차는 5.3m</li> </ul>
제한된 정보와 주민의 경험에 의한 의견	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 수위차 감소로 정격낙차 미달하여 발전 불가 또는 발전량 감소</li> <li>■ 조금 시 수위차가 거의 없어 발전 불가능</li> <li>■ 사리 시 일일 최대 발전량을 일괄 적용한 것으로 추정</li> </ul>
JFF에서 논의 될 수 있는 공유되지 않은 정보	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 정격낙차 40% 이하에서도 발전 가능(제조사 보증)</li> <li>■ 1년간의 조수변화, 해면변화를 측정, 20년간 장기예측 후 산정</li> <li>■ 고장 등의 변수를 감안하여 발전기 1기 제외 후 산정</li> </ul>

사업에서 나타나는 발전량 관련 논쟁의 경우 사업 반대 측에서 사업자들이 발전량을 산정하는 과정과 그 근거에 대한 정보를 공유하지 못함으로써 갈등이 발생하고 있으며, 이는 JFF 협의체를 마련하여 그 안에서 모든 과정과 방법에 대한 정보를 공유함으로써 갈등을 저감시킬 수 있다. 표 2는 인천만 조력발전사업 발전량 관련 논쟁과 JFF를 통해 제공될 수 있는 정보에 관하여 정리한 것이다.

현행 제도상 지역주민들이 정보를 제공받을 수 있는 기회는 열람이 공개된 보고서를 접하거나 사업설명회 등을 통하는 것이다. 보고서의 경우 내용이 매우 방대하고 전문지식을 요하는 경우가 많아 일반인들이 접근하기 어려우므로, 대부분 지역주민들이 접하게 되는 정보는 사업설명회에서 제공되는 내용으로 제한된다. 그러나 사업설명회 특성상 자세한 기술·과학적 논의가 이루어지기 어려우므로 주민들이 접하게 되는 발전량 관련 정보는 매우 개론적인 내용뿐이다. 이렇게 제한된 정보 하에서, 비전문가인 주민들이 접하게 되는 보고서의 내용에 따라 수위차 감소에 의해 정격낙차가 미달되어 발전이 불가능하다는 결론을 얻게 된다. 또한 조금 시에는 수위차가 매우 적다는 전문지식이 바탕이 되어 그 기간에는 발전이 불가능함에도 사업자측이 이를 적절히 반영하여 발전량을 산정한 것인지에 대한 의문을 갖게 된다.

사업자 측에서는 인천만 조력발전사업에 적용되는 수차가 정격낙차의 40% 이하에서도 발전이 충분히 가능하며, 1년간의 조수변화, 해면변화를 모두

측정하여 20년 장기예측 후 산정하고, 고장 등의 변수 또한 감안되어 연간 발전량이 산정되었다는 정보를 가지고 있다. 그러나 그간 수차례에 걸쳐 개최된 공청회 등의 자리에서는 시간적 제약으로 인해 각자의 의견을 주장하는 것으로 끝나는 것이 대부분이었으며, 세부 내용에 대한 의견교환이나 검증의 기회를 갖는 것은 거의 불가능하였으며, 이러한 정보 또한 제공될 기회가 없었다.

따라서 JFF 협의체 내의 논의를 통하여 지역주민들이 경험에 의해 습득한 내용들이 발전량을 산정함에 있어 정확히 반영되었는지에 대한 검증이 이루어질 수 있으며, 이 모든 과정을 통하여 타당성 검토의 신뢰도가 향상될 수 있는 기회가 될 수 있다.

## 2. 불확실성이 큰 논의에 대한 접근

JFF는 사실 확인 및 검증이 가능한 과학적·기술적 논제를 정보제공과 논의를 통하여 협의에 이르게 하는 수단이다. 그러나 국내 조력발전사업의 주요 갈등 사안 가운데는 기술적 한계 또는 연구 외적 요소에 의한 불확실성이 크게 존재하는 경우가 나타난다.

기술적 한계에 의한 불확실성의 대표적 예는 해양환경변화예측 결과이다. 예를 들어 수위차 감소에 의한 조간대 면적의 변화나 침·퇴적에 의한 해저지형 및 지질 변화의 예측 결과에 대하여 조사를 실시한 연구기관에서도 그 정확성에 대한 확신을 갖지 못하고 있다. 이는 해양환경의 변화와 매우 유동적이고 변수가 다양하여 현재의 기술수준으로는



표 3. 갯벌훼손면적과 침·퇴적에 의한 2차 영향

구 분	내 용
(사업설명회 등) 보편적으로 제공된 정보	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 조력방조제 건설 시 고조위 하강, 저조위 상승으로 조지 내 수위차 감소하여 조건대 면적 감소</li> <li>■ 기존의 설계를 변경하고 친환경 운전을 통하여 훼손면적 저감조치 시행 예정</li> </ul>
주민들에 의해 제기된 의견	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 수위차 감소에 의한 훼손뿐만 아니라 침·퇴적 양상의 변화에 의한 훼손도 심각하게 발생(떨질 갯벌퇴적, 세굴현상 등)하며, 이러한 훼손도 면적 산정에 포함되어야 함</li> <li>■ 전문적 내용을 과학적으로 입증하거나 이해하는데 어려움</li> </ul>
사업자에 의해 제기된 의견	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 규정상 갯벌훼손면적은 수위차 감소에 따른 조건대 감소 면적으로 산정</li> <li>■ (한계) 해양환경변화는 매우 유동적이고 변수가 다양하여 정확히 예측하기 어려움 - 기술적 한계</li> <li>■ 침·퇴적에 의한 갯벌훼손에 대해서는 아직까지 구체적 연구를 수행한 바 없음</li> </ul>

표 4. 강화복수로 홍수위험

구 분	내 용
(사업설명회 등) 보편적으로 제공된 정보	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 백중사리와 집중호우가 겹치는 상황에서도 조력발전소에 의해 기존 고조위보다 낮은 수위를 유지하게 되며, 예보를 통한 담수량 및 방류시기 조절 등을 통하여 홍수조절 기능을 수행할 수 있음</li> </ul>
주민들에 의해 제기된 의견 (외부기관 연구자료 인용)	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 조력방조제에 의해 석모수로와 교동수로가 차단됨에 따라 강화복수로에 유량이 집중되어 수위가 최대 약 68cm까지 상승</li> <li>■ 교통, 강화 저지대, 김포, 임진강 유역의 침수 우려 및 북한지역에까지의 월경효과 우려</li> </ul>
사업자에 의해 제기된 의견	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 반대측 자료의 DB는 1920년대의 것으로 신뢰성이 떨어짐</li> <li>■ (한계) 해당 지역에 대한 조사를 위해서는 연구 외적인 부분에서의 추가 요소가 필요하나 현실적 여건상 어려움</li> </ul>

이를 정확히 예측하는 데에 어려움이 많기 때문이다. 표 3은 갯벌훼손면적과 침·퇴적에 의한 2차 영향 관련 논점과 JFF의 수행 과정에서 제기된 의견을 정리한 것이다.

연구 외적인 요소에 의한 불확실성은 강화 조력발전사업에서의 강화복수로 퇴적에 따른 홍수위 관련 갈등에서 잘 나타난다. 강화복수로의 침·퇴적 양상 변화를 예측하기 위해서는 그 지역에 대한 정밀 조사가 필요하나, 해당지역의 조사에는 외교·군사적 문제가 얽혀 있어 현실적으로 어려운 문제점이 있다. 이에 따라 과거에 조사된 자료에 의존할 수밖에 없으나 그 또한 너무 오래되어 신뢰성이 떨어지는 문제가 있다. 표 4는 강화조력발전사업에서의 강화복수로 홍수위험에 관련된 주요 논쟁사안과 JFF의 수행 과정에서 제기된 의견을 정리한 것이다.

이러한 이유들로 해양환경변화와 관련된 논제들은 안건에 채택되어도 상호 주장만을 되풀이하다 협의를 도출하지 못할 가능성이 크다는 우려가 제기된다.

JFF에서 논의되는 사안은 기본적으로 과학·기술적으로 확인 및 검증이 가능하여야 하나, 이것이 반드시 한 가지 사안에 대한 각각의 주장이 옳고 그

름을 판단하기 위한 것은 아니다. JFF의 목적은 어디까지나 합의에 있으며, 과학·기술적 검증이 가능한 사안을 채택하는 것은 보다 원활한 합의를 이루기 위한 수단이다. 해양환경의 변화와 같이 현실적으로 사실 확인 및 검증에 제약이 따르는 사안들에 대해서는 여러 가지 가능성을 다각적으로 검토하여 최선의 상황에서부터 최악의 상황에 이르기까지 각 경우의 가능성에 대해 논의하여 대안을 마련하는 접근방식을 취하여야 한다.

### 3. 의사결정자의 의무와 역할

비단 조력발전사업뿐만 아니라 갈등이 발생한 개발사업에 대하여 의사결정 권한이 있는 정부 관계부처의 소극적인 갈등조정 자세는 지속적으로 제기되어 온 문제이다. 그간 수차례에 걸쳐 개최된 조력발전사업 관련 공청회나 토론회 자리에 의사결정당국 관계자의 참여가 극히 저조한 것은 이러한 정부 관계부처의 자세를 잘 나타내준다고 할 수 있다. 이에 대하여 이해당사자 양측 모두에서는 “전체 사업을 기획하고 결정하는 관계당국이 논란과 책임을 회피하기 위하여 사업 시행자와 주민들 간의 갈등

을 방관하고 있다”며 비판하고 있는 실정이다.

JFF는 갈등이 발생한 사업에 대하여 갈등을 조정하고자 하는 의사결정자의 의지에 의해 수행된다. 의사결정자는 갈등이 발생한 해당 사업에 대하여 JFF 수행을 결정하고 협의체를 구성하여 상호간에 개진되는 의견을 경청하고 사실을 확인하며 협의체에 의한 결과를 의사결정에 반영하는 역할을 한다. 즉, 의사결정자의 의지 없이는 JFF 자체가 수행되거나 성과를 거둘 수 없다.

따라서 JFF의 적용을 위해서는 의사결정자의 적극적인 갈등조정 의지가 반드시 필요하며, 필요에 따라서는 의사결정자로서의 의무에 대하여 구속력을 갖게 하는 방안도 필요하다. 또한 의사결정자는 JFF 내에서의 기본적인 역할을 수행하는 것뿐만 아니라 협의체에서 논의되기 어려운, 즉 과학·기술적 검증이 부족한 부분에 대해서는 별도의 연구를, 국가나 지역 간의 협의가 필요한 부분에 대해서는 협의를 추진함으로써 불확실성을 최소화시키는 노력이 필요하다. 이 과정에서는 추가적인 비용과 시간이 소요되나, 갈등의 심화로 발생하는 사회적 비용을 낭비하는 것보다는 건설적이고 효율적일 것이다.

#### 4. 외적 갈등 요소에 의한 영향 배제

국내 조력발전사업 관련 갈등은 오랜 기간 지속되어 옴에 따라 이해당사자 간의 감정적 대립이 심화되었으며, 이는 JFF를 적용하는 데에 큰 장애요소가 된다. JFF 실험 수행과정에서는 이해당사자 양측 모두 JFF의 적용에 대하여 긍정적 의사를 나타내면서도 실제적인 참여에는 난색을 표하였는데, 가장 큰 이유는 사업자는 자세한 정보의 제공이 오히려 지역주민 측의 반대논리를 제공하게 되는 것을 우려하였으며, 지역주민 측은 전문지식의 부족으로 인해 논의에서 수세적 입장에 몰릴 것을 우려하였기 때문이다. 이는 이미 이해당사자 상호간 감정적 갈등이 심화되어 협의보다는 서로 논쟁에서 지면 안 된다는 중압감에서 비롯된 바가 크다고 볼 수 있다.

조력발전사업과 관련된 갈등은 환경적 영향에 의

한 것뿐만 아니라 사회·경제·문화 등 다양한 요소들에 의해 복합적으로 시작되며, 갈등이 심화되면 정부와 사업자, 주민간의 복잡한 감정적 대립이 나타나게 된다. JFF는 환경적 영역에서의 갈등을 과학·기술적 논의를 통해 저감시키기 위한 절차로, 그 밖의 외적 갈등요소에 의해 JFF 내에서의 논의가 영향을 받지 않아야 한다. 이는 JFF가 사업논의 초기 단계에서 수행되어야 하는 가장 큰 이유이기도 하다.

따라서 조력발전사업뿐만 아니라 모든 개발사업에서 JFF 적용을 위해서는 그 시기를 선택하는 것이 매우 중요하다. 시기적으로는 개별 사업의 구상 단계에서 도입되는 것이 가장 바람직하며, 최소한 개별사업의 사업타당성 조사나 사전환경성조사가 시작되는 단계에서는 적용되어야 그 실효성을 발휘할 수 있을 것으로 판단된다.

## V. 결 론

본 연구는 조력발전사업에서 나타나는 환경적 문제점과 주요 환경·사회적 갈등 원인을 분석하고 이를 저감하기 위한 방안들을 마련함으로써 환경친화적이고 사회적 수용성을 고려한 개발정책방향을 모색하고자 수행되었다.

주요 환경적 영향으로는 수위차 감소와 조간대 면적의 변화, 조류 특성의 변화, 갯벌·습지보전지역의 훼손 및 생물상에의 영향 등이 있으며, 환경·사회적 갈등의 근본원인으로는 사전환경성 검토, 환경영향평가 및 사업타당성 검토 결과에 대한 주민들의 불신과 주민의견 수렴 부족에 대한 불만 등이 있다. 환경·사회적 갈등의 해결 방안으로서 본 연구에서는 적극적 주민의견수렴을 위한 Joint Fact-Finding의 적용 방안을 모색하였다.

현재의 국내 조력발전사업에서 JFF를 효율적으로 적용하기 위해서는 먼저 이해당사자 양측 모두에 의해 과학·기술적 논의가 가능한 사안을 우선적으로 선택하여 협의체 내에서의 정보공개와 검증을 중심으로 협의를 진행하는 것이 필요하다. 사실

확인 및 검증에 제약이 따르는 사안들에 대해서는 여러 가능성에 대하여 다각적으로 검토하여 논의하고 대안을 마련하는 접근방식을 취하여 합의에 이르도록 하는 방안을 채택하여야 한다. JFF에서 의사결정자의 적극적 의지와 참여는 반드시 필요하며, 필요에 따라서는 이에 대한 구속력을 갖도록 하는 방안도 고려될 수 있다. 또한 JFF는 과학 · 기술적 요소 외의 다른 갈등 요소에 의해 영향을 받지 않는 것이 매우 중요하므로 적용 시기를 제도적 여건 내에서 최대한 사업 초기 단계에 적용하는 것이 바람직하며, 최소한 개별사업의 사업타당성 조사나 사전환경성조사가 시작되는 단계에서는 적용되어야 그 실효성을 발휘할 수 있을 것으로 판단된다.

대규모 개발사업에 따른 지역주민들의 환경적 영향에 대한 우려와 이에서 비롯되는 환경 · 사회적 갈등은 비단 조력발전사업뿐만 아니라 거의 모든 국내 개발사업 사례에서 공통적으로 나타나고 있으며, 구체적인 환경영향과 갈등의 세부 요소들은 각 개발사업의 특성에 따라 차이가 있으나, 그 근본적인 원인은 유사하다고 할 수 있다. 따라서 본 연구에서 제시하고 있는 고려사항들을 유의하여 JFF를 차후 계획되는 여러 국책사업에 적용한다면 이러한 갈등을 저감시키는 데에 큰 기여를 할 수 있을 것으로 기대된다.

## 사 사

본 연구는 한국환경정책 · 평가연구원의 녹색성장정책연구(해양에너지의 환경성 평가 및 환경 · 사회적 갈등저감방안)의 지원으로 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

## 참고문헌

강화지역 조력발전밤대 군민대책위, 2011, 강화지역 조력발전소 건설사업 추진계획과 문제점, 한국환경정책 · 평가연구원 내부세미나 발표자료.

국토해양부, 2009, 장봉도 Ramsar 등록을 위한 습지보호지역 기초조사.

김건홍, 2008, 한강하구의 매립 및 준설에 따른 수리학적 영향 검토, 인천지역환경기술개발센터.

서산 · 태안 환경운동연합, 2011, 가로림만 조력발전건설 반대대책위원회 내부자료.

에너지관리공단, 2011, 신 · 재생에너지 백서.

에너지관리공단 신 · 재생에너지센터, 2011, 신 · 재생에너지 보급통계.

이엔씨기술연구소(주), 2010, 강화조력발전사업에 따른 공유수면매립 사전환경성검토서, 강화조력발전주식회사.

이희선, 안세웅, 조공장, 신경희, 조광우, 2011, 해양에너지의 환경성 평가 및 환경 · 사회적 갈등저감방안, 한국환경정책평가연구원.

인천발전연구원, 2011, 조력발전소 건설계획 검토(안).

이희선, 신경희, 주지혜, 2010, 수용성 향상을 위한 조력발전의 환경친화적 건설방안, 한국환경정책평가연구원.

지식경제부, 2008, 제3차 신재생에너지 기술개발 및 이용보급 기본계획.

한국종합기술, 2011, 가로림조력 건설사업 환경영향평가서, 가로림조력발전(주).

한국종합기술, 2010, 가로림조력 건설사업 환경영향평가서, 가로림조력발전(주).

한국해양연구원, 2009, 인천만 조력사업 타당성 조사, 국토해양부.

한국해양연구원, 2008, 조력에너지 실용화 기술개발(인천만 조력발전 타당성 조사 및 기본계획), 국토해양부.

해양수산부, 2004, 해양수산발전 기본계획.

IEA, 2010, World Energy Balance 2008, <http://www.iea.org/stats/>.

최종원고채택 12. 08. 17