환경변화에 따른 금강의 건강을 진단하다

정우혁 | 서해안기후환경연구소 책임연구원
김영일 | 서해안기후환경연구소 연구위원
이상진 | 충남발전연구원 연구실장

1. 시작하며

하천의 생태환경은 수심, 유량, 흐름형태, 하상형태, 천변환경, 수온, 수질, 유기물, 영양염류, 무기물, 폐수 및 오염물질 유입, 인공적인 환경변화, 수변지역 개발현황 등 다양한 요소의 영향을 받는다. 금강에서는 2009~2012년 동안 '4대강 살리기 사업'의 일환으로 '금강정비사업'이 이루어졌으며, 하상의 준설과 보의 설치로 인해 수심이 증가하고 유속이 감소하는 등의 급격한 환경변화를 갖게 되었다(국토교통부, 2012; 4대강 사업 조사평가 위원회, 2014). '금강정비사업'으로 하천에 가장 큰 변화가 생긴 부분은 수심 증가와 유속 감소일 것이다. 준설을 통한 통수능 확보 및 보를 이용한 수위상승에 따라 4,600m3/s의 수자원을 확보하였으나, 하천의 수심증가와 하상의 평탄화로 인하여 금강에 존재하던 다양한 서식공간이 변화하게 되었다. 유속이 빠르면서 수심이 얕고 자갈 등의 하상으로 구성된 여울, 수심이 상대적으로 깊고 유속이 느린 모래 등의 하상으로 구성된 소, 하천 중간에 생물 다양성을 증진시키는 수많은 미소서식지들이 '금강정비사업'으로 인해 변화하게 되었다.

일반적으로 하천의 하상변화는 하천생태계의 기초를 변화시킬 수 있다. 모래로 이루어진 하상, 점토로 이루어진 하상, 그리고 유기물 함량에 따라 각기 서식하는 수초와 수서생물이 다르며, 이를 포식하는 어류 역시 다른 종이 서식하게 된다. 특히, 하천의 수심과 유속은 하상 골재가 자갈 · 모래 · 점토 중 어떠한 입경의 재료로 구성될지를 결정할 뿐만 아니라 유입되는 유기물 및 영양염류 축적이 어떻게 이루어지는지도 결정하는 주요 요인이다. 결과적으로 유속과 수심은 하천의 수서생태계의 특성을 결정짓는 원인이 되는 것이다.

수생태계의 주요 구성요소는 포유류, 조류(藻類), 양서류, 어류, 저서성대형무척추동물, 부착조류, 초목류 등으로 크게 구분할 수 있으며, 이중 수서생태계의 가장 큰 부분을 차지하는 것은 어류, 저서성대형

무척추동물, 조류(藻類)로 볼 수 있다. 수서생태계 먹이사슬은 최하단부에 위치한 조류(藻類)로부터 저서성대형무척추동물, 어류의 순으로 이어지며 조류(鳥類)·양서류·파충류·포유류 등의 생물을 통해 육상생태계와도 연결된다. 이와 같이 수생태의 기초에 해당하는 조류(藻類)와 저서성대형무척추동물(플라나리아, 다슬기, 조개, 실지렁이, 거머리, 하루살이·잠자리 유충, 새우 등)은 대부분 하상 인근에 높은 밀도로 서식하고 있기 때문에 하상은 수서생태계의 다양한 환경 요소 중에서 가장 중요한 부분이며 시작점으로 볼 수 있다.

〈그림 1〉 수서생태 먹이사슬 피라미드

〈그림 2〉 수서생태계 주요 구성 생물

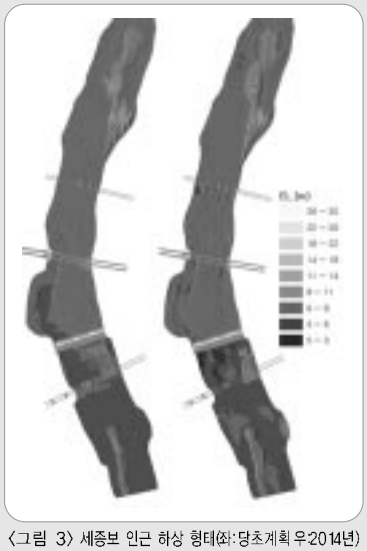
하천환경이 급격히 변화된 금강의 백제보 인근에서 2012년에 대규모 물고기 폐사사건이 발생하였고, 2014년에는 저수지와 댐 등 유속이 느린 환경에서 서식하는 큰빗이끼벌레가 대량 번성하는 기현상이 나타났다(충남발전연구원, 2013, 2014). 이와 같은 이상 현상의 발생은 하천환경 변화와 매우 밀접한 관계가 있다. 특히, 시시각각 변화하는 하천환경 변화를 알기 위해서는 현재의 하천상태를 정확히 확인할 수 있도록 모니터링이 수행되어야 하며, 모니터링을 통해 구축된 자료는 현재의 하천상태 뿐만 아니라 가까운 미래 또는 중장기적인 차원에서 하천 수생태 환경관리를 위한 최적관리방안 마련에 중요한 기초자료로 활용될 수 있을 것이다.

2. 본론

충청남도에서는 '금강정비사업 이후 수환경 모니터링 연구용역'을 2011년부터 2015년까지 총 4차에 걸쳐 지속적으로 추진하고 있다. 연구의 주요 목적은 금강정비사업으로 인한 급격한 환경변화에 따라 수

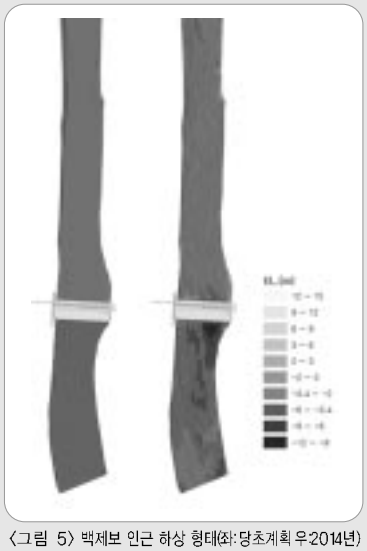
질 및 주변 생태계 변화가 우려됨에 따라 현재의 변화된 금강을 정확히 진단하고 자료를 축적하여 본연의 이름에 걸맞도록 비단강의 미래를 모색하기 위한 방안을 찾기 위함이다. 주요 내용은 수질 · 수생태계 · 하상 · 지하수위 등의 수환경 전반적인 변화를 관측하고 분석하는 것이다. 과거 하천은 살아있는 생명체와 같이 여겨졌으며, 하천을 사람과 비유하여 인상에 해당하는 하상이라는 명칭이 사용되어 왔듯이, 하상은 물과 자연의 이치에 따라 시시각각 변화하기 마련이다. 하천의 흐름 형태가 바뀌면 하상이 변하는 것은 당연한 인과관계이나, 이러한 변화가 초래하는 결과를 인지하고 발생 가능한 부정적인 현상에 대한 사전대책을 세우는 것은 어렵지만 매우 중요한 일이다.

하상현황을 확인하기 위하여 하상변화에 큰 영향을 미치는 세종보, 공주보 및 백제보 지역을 중심으로 하천측량을 수행하였으며, 2014년 관측된 결과를 〈그림 3~5〉에 나타내었다. 원래 금강정비사업에서 계획하였던 하상과 2014년 당시의 하상은 사뭇 다른 형태를 보였으며, 세 개의 보 가운데 공주보 상류지역에서 주목할 만한 하상변화가 일어나고 있음을 알 수 있었다. 하천의 만곡부 내측에서 광역적으로 퇴적이 발생하였고 외측 일부구간에서 침식이 발생하여 수심이 깊어졌으며, 세종보 상류지역 좌측부에서도 퇴적이 다소 진행된 것을 확인 할 수 있었다. 보의 설치로 인한 수위 상승 및 유속 저하에 따른 인과관계로 인하여 하상에 퇴적현상이 발달된 것이다.



〈그림 3〉 세종보 인근 하상 형태(좌:당초계획 우:2014년)

〈그림 4〉 공주보 인근 하상 형태(좌:당초계획 우:2014년)



〈그림 5〉 백제보 인근 하상 형태(좌:당초계획 우:2014년)

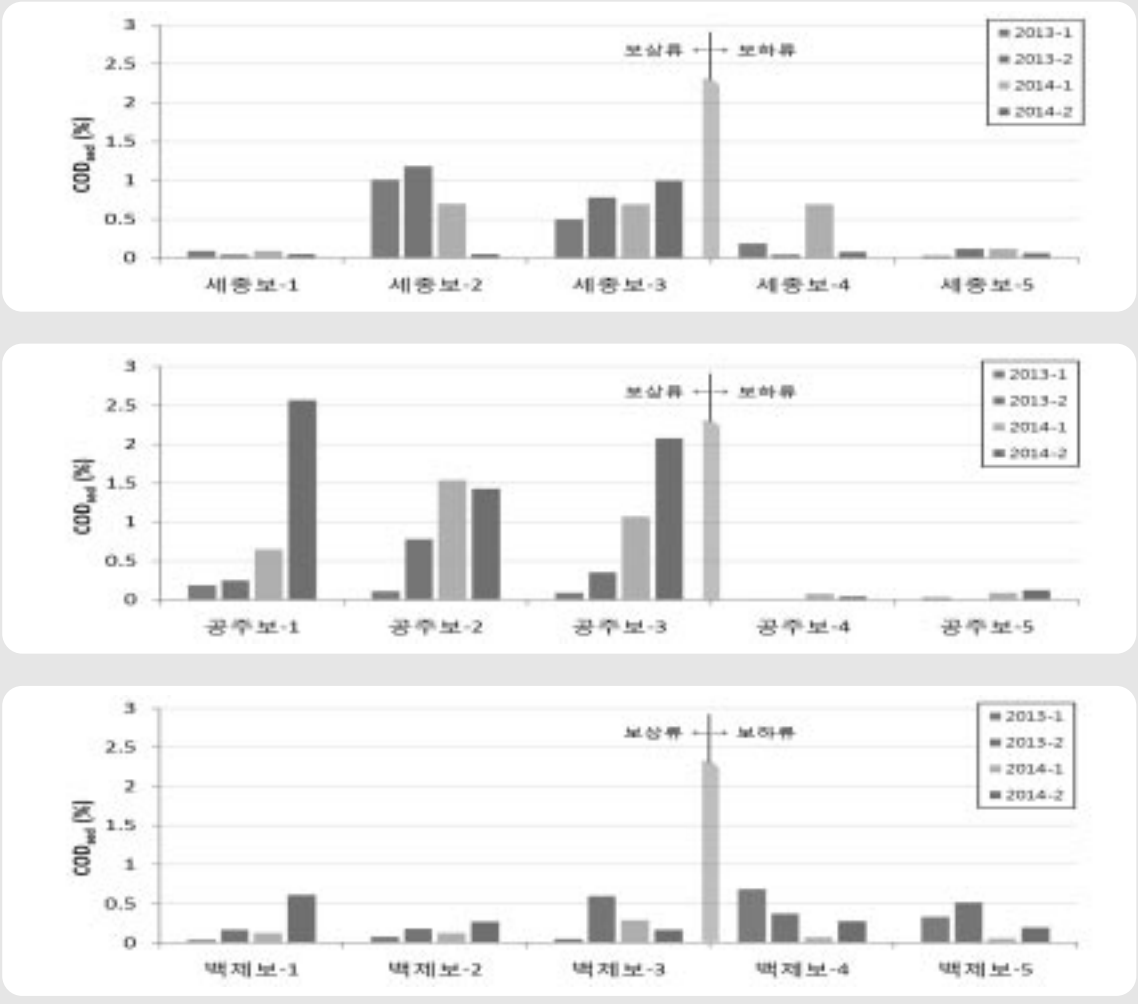
2013년과 2014년 각각 2회에 걸쳐 앞서 제시된 하상변화를 조사한 구간과 동일한 구간에서 퇴적토를 채취하여 COD 및 총인(T-P) 농도를 조사하였다. 〈그림 6〉는 3개 보의 상 · 하류에서 채취한 퇴적물의 COD 농도을 나타낸 것인데, COD 농도가 높다는 것은 퇴적토에 포함된 유기물이 화학적으로 분해되는데 소모하는 용존산소량이 많다는 것을 의미하는 것으로 수서생태계에서 용존산소의 급격한 감소는 수중 생물을 집단폐사 시킬 수 있는 주요 원인이 되기도 한다(충청남도 금강 물고기 집단폐사 민관공동조

사단, 2013). 2013년 이후 공주보와 세종보의 상류지역에서 COD 농도가 점진적으로 증가하는 경향을 보였다. 특히, 해가 갈수록 공주보에서 증가폭이 두드러지게 큰 것으로 나타났는데, 이는 공주보 상류지역의 퇴적토에서 유기물 함량이 급격하게 증가되고 있음을 보여주는 결과이다. 한편, 〈그림 7〉는 퇴적물의 총인 농도를 나타낸 것이다. 인은 생물을 구성하는 주요 영양염류로서 수체에 과다하게 존재하는 경우, 녹조류나 갈조류의 급격한 번성의 원인이 되기도 한다(김선정, 2012). 총인농도 변화는 COD 함량변화와 유사하게 공주보 상류지역에서 급격하게 상승하는 결과를 보였으며, 특히, 최고 농도는 환경부의 하천 · 호소 퇴적물 오염평가 기준인 1,600mg/kg을 초과하는 1,793mg/kg으로 나타났다. 기준을 초과하는 경우 명백하거나 심각하게 오염된 상태를 의미하며, 수서생태계에 악영향을 미칠 수 있는 수준을 미한다.

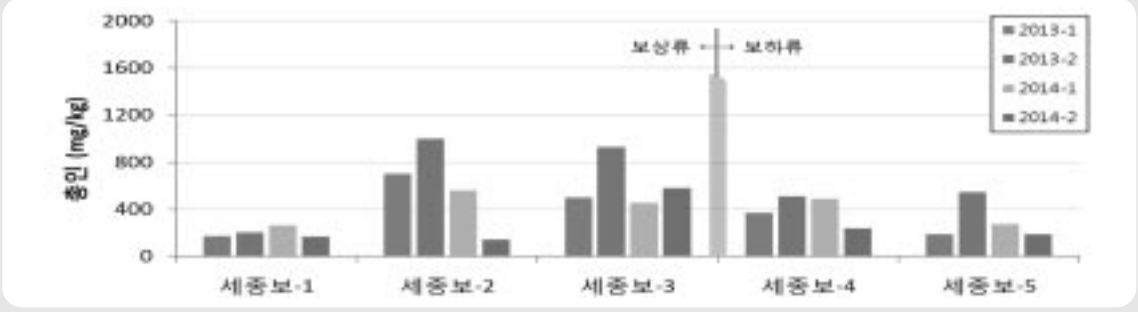
결론적으로 금강의 대규모 정비사업으로 인한 유속감소로 세종보와 공주보 상류에서 퇴적토 내에 오염물질의 농도가 증가하는 구간이 발생하였다. 특히, 퇴적토의 유기물 및 영양염류 농도가 지속적으로 증가하고 있어 오염물질의 축적이 가중될 것으로 예상된다. 이러한 현실적인 여건에서 하천의 수질을 개선하기 위해 유역에서 유입되는 오염물질을 차단하더라도 하천 내부에 오염물질이 축적되어 있다면 수질개선 효과는 한계가 있을 것이며, 수서생태계에 큰 변화를 일으킬 것으로 판단된다. 또한 하천의 수온 변화 및 계절적 현상에 따라 저층의 오염물질이 급격하게 수체로 용출될 경우, 용존산소를 감소시키고 조류의 성장을 촉진시키는 원인이 될 수 있다.

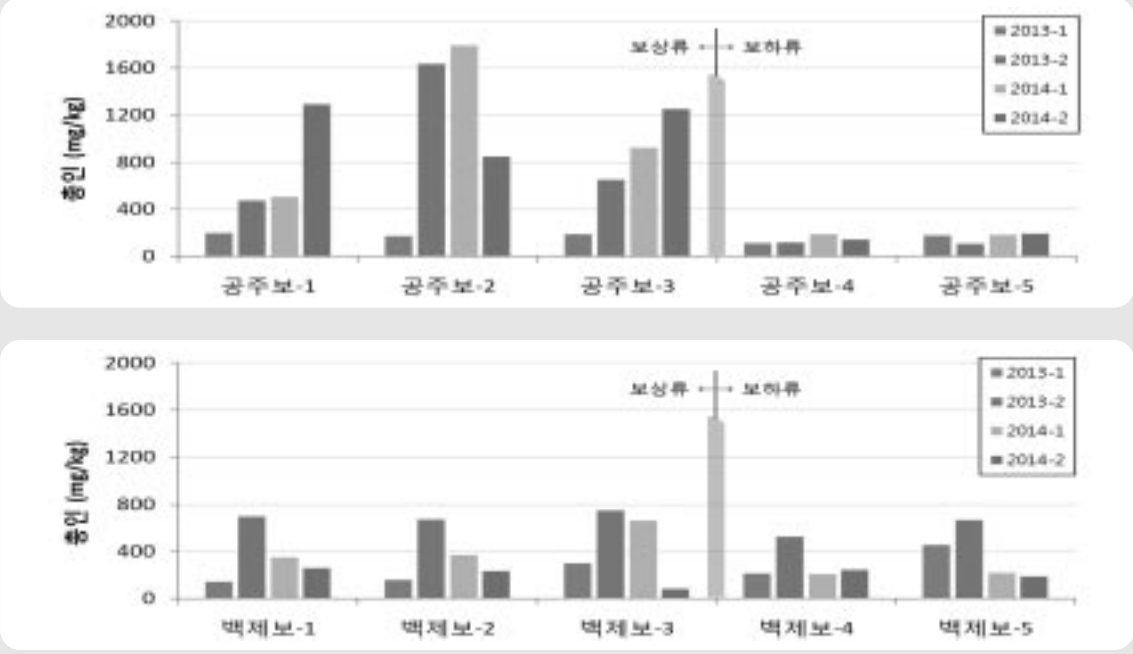
3. 맺으며

하천은 살아있는 생명체와 같아서 지속적으로 변화하며 안정적인 형상을 찾아간다. 이 과정에서 여울과 소가 자연적으로 조성되고 적절한 유속을 가지게 됨으로서 조성된 환경에 맞는 수서생태계가 구성되는 것이다. 인간의 인위적인 간섭으로 인하여 하천이 평형상태를 잃게 되더라도 자연이 갖고 있는 복원능력(Resilience)에 의하여 안정적인 상태를 서서히 찾아가게 된다. 하지만 자연 하천이 갖는 복원능력을 초과하는 충격이 가해진다면 원상태로의 회귀는 어려울지라도 변형된 상태에서 적응하는 능력을 발휘하게 될 것이다. 또한 기존 자연 하천의 형상이 단기간에 결정된 것이 아니며, 수백년 또는 수천년이 넘는 세월을 거치며 변화하고 있는 평형점이라는 것을 주목해야 할 것이다. 급격히 하천에 큰 변화를 가할 경우, 현재 기술적 수준에서 단기간에 하천이 겪게 되는 변화의 일부 국한적인 전망은 가능할 수 있으나, 복잡한 상호관계로 묶여 있는 생태계 변화를 예측하는 것은 매우 어려운 일이다. 감기환자에게 7일치 감기약을 하루에 투여한다고 해서 하루 만에 치료가 되지 않듯이 자연 하천도 그 본연의 변화 속도가 있으며, 인간이 하천과 공생하기 위해서는 이를 충분히 존중해 주어야 할 필요가 있는 것이다. 과거 급속한 경제성장을 이루며 발전중심의 국토관리를 해왔다면, 이제는 사람과 자연이 더불어 풍요롭게 영위할 수 있는 하천관리가 지속적으로 이루어져야 할 것이다.



〈그림 6〉 세종보, 공주보 및 백제보 상·하류 지점의 COD 농도 변화





〈그림 7〉 세종보, 공주보 및 백제보 상 · 하류 지점의 총인 농도 변화

참고문헌

4대강사업조사평가위원회, 2014, 4대강사업 조사평가 보고서, 국무조정실
국토교통부, 2012, 4대강 살리기 사업 백서
김선정 외 6인, 2012, 부영양 도심하천(안양천)에서 고빈도 관측에 의한 산소고갈과 기상조건의 영향 연구, 한국호수학회지, 48(1), 34-41
충남발전연구원, 2013, 금강정비사업 이후 수환경 모니터링 2차년도, 충청남도
충남발전연구원, 2014, 금강정비사업 이후 수환경 모니터링 3차년도, 충청남도
충청남도 금강 물고기 집단폐사 민관공동조사단, 2013, 금강 물고기 집단폐사 조사 보고서, 충청남도