

우리 사회는 언제부터인가 하천복원, 강살리기 라는 말이 일상화 되었다. 하천을 복원한다는 것 또는 강을 되살린다는 것은 무엇일까? 학술적 의미에서는 이른바 하천이라는 수생서식처가 가지는 생태계의 구조와 기능을 되살리는 것이지만 우리 사회에서는 그런 의미보다는 강을 깨끗하고 아름답게 공원처럼 꾸며서 이른바 에메니티를 향상시킨다는 의미가 더 보편적으로 강조되었다. 문제는 이 두 가지 의미는 대부분 상충된다는 것이다.

위 같은 두 가지 의미가 같이 쓰이는 우리의 현실에 비추어 선진외국의 하천복원은 어느 방향으로 가고 있을 까에 대한 답을 얻기 위해 외국의 복원 사례를 하나의 시리즈로 엮어 독자들에게 소개하고자 한다. 이를 위해 대한토목학회, 한국생태학회, 한국하천호수학회 회원들이 공동으로 집필하고 있는 세계의 하천복원 사례를 일년에 걸쳐 각 집필자가 돌아가면서 소개하고자 한다. 첫 사례로서 미국의 키시미 강을 이번 호에 소개한다.



우효섭 | 협회 부회장
(nswoo@kict.re.kr)

키시미 강(Kissimmee River) 복원 - “옛 것이 새롭다”

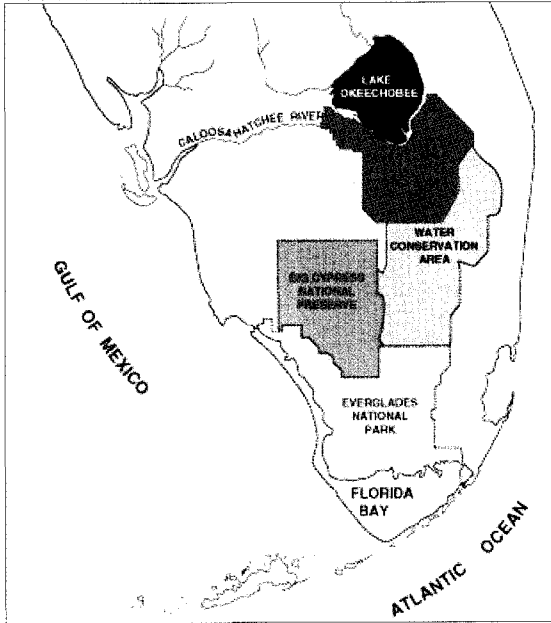
놀잇배용 직선 운하가 되어버린 강을 생물이 살아있는 강과 습지로 되살린 사례

키시미 강은 미국 플로리다 주 중남부 광활한 저습지를 북에서 남으로 흘러 이곳 최대 호수인 오키초비 호로 들어가는 길이 216 km의 강이다. 발원지는 토호피컬리거 호 등 많은 호수로 되어 있으며 50 km를 흘러 키시미 호에 들어갔다 다시 166 km를 흘러 오키초비 호로 들어가서 남쪽의 ‘에버글레이즈(소택지라는 뜻) 국립공원’에 수원 역할을 한다. 강의 총 길이는 216 km로서 우리나라 임진강보다 조금 짧으며, 빗물을 담아 흘려보내는 유역의 면적은 7,800 km²로서 우리나라 임진강보다 조금 작다. 이 유역에 내리는 강우량은 연 평균 약 1,33mm로서, 우리나라 연 평균 강우량과 비슷하다.

오키초비 호는 플로리다 주 남부 중앙에 있는 주 최대 호수로서 면적 3,270 km², 남북길이 64 km, 동서길이 40 km이다. 이 호수는 평균 수심이 2.7 m로서 매우 얕으며, 수면의 해발은 겨우 7.5 m 정도로서 해수면과 큰 차이가 없는 낮은 만물 호수이다. 이 호수는 서쪽으로 칼루사해치 강을 통해 대서양으로 흘러간다.

키시미 강은 1960년 이전만 해도 주변 홍수터가 아열대성 소택지여서 많은 물새들과 왜가리, 황새, 물고기와 다양한 야생동식물이 생활하는 귀중한 서식처였다. 그러나 1947년에 연이은 허리케인의 습격으로 플로리다 주 남부가 큰 피해를

입게 되면서 연방정부는 근본적인 홍수조절의 필요성을 인준하여 1960년대에 미 공병단에서 대대적인 하천정비사업을 추진하였다. 그러나 이러한 ‘싱글마인드’의 정비사업은 결국 주변 생태계에 커다란 재앙을 가져왔다. 강은 말라갔고, 물 새들은 살아갈 터전을 잃어버렸다. 사람들의 중요한 수입원이던 큰입배스의 출어량은 지속적으로 감소하였다. 더욱이 정비사업 후 많은 비점오염물질이 들어와 이 강은 하류 오키초비 호를 오염시키는 주범으로 전락하고 말았다.



(그림 1) 남플로리다 키시미 강, 오키초비 호, 에버글레이즈는 아열대 저습지 생태계의 보고였다.

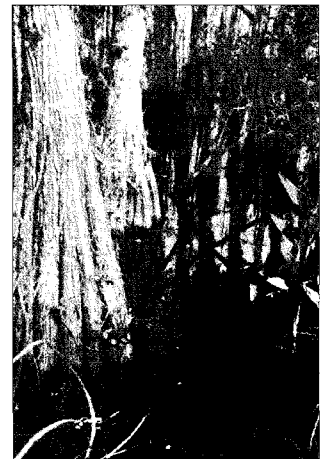
이 같은 환경 재해에 대해 지역 주민들의 염려가 계속되자 연방정부는 1992년 키시미 강을 원래의 형태로 복원하는 사업을 인준하였으며, 2013년 마무리할 계획으로 1997년부터 복원사업을 시작하였다. 현재 상당 부분 복원사업이 진행되어 키시미 강은 원래의 하천 형태는 물론 그동안 사라졌던 생물이 다시 돌아오는 등 옛 모습이 살아나고 있다. 이 사업은 그 규모와 성과 면에서 세계 최대의 강 복원 성공사업으로 꼽히고 있다.

문제는 어느 날 갑자기 일어났다. 1947년은 유난히 플로리다 주에 대형 허리케인의 내습이 많은 해였다. 이 해에 포트 로더데일 허리케인과 가을 허리케인은 플로리다 남부를 강타하여 많은 홍수 피해를 냈다. 허리케인에 의한 홍수를 막기 위해 연방정부와 주정부는 이른바 ‘중앙 및 남부 플로리다 홍수조절사업(C&SF)’을 시작하여 1950년대와 1971년 사이에 남플로리다 지역에 2,300 km의 수로와 제방을 만들었다. 이 홍수조절 사업의 일환이 바로 키시미 강의 직강화를 위한 수로 굴착 사업으로, 이렇게 만들어진 수로(canal, 운하)를 그들은 C-38 수로라 이름 지었다.

홍수조절사업으로 90 m 폭에 9 m 깊이의 새로운 수로가 만들어졌고, 키시미 호와 오키초비 호 사이의 166 km 길이의 강이 90 km로 무려 70 km 이상이나 짧아졌다. 이 사업은 분명 주변 저습지의 빗물을 하류로 단숨에 흘려보내 홍수

‘키시미 강-오키초비 호-에버글레이즈 습지’는 남플로리다의 아열대성 저습지 생태계의 보고이다. 이 지역은 20세기 들어와 사탕수수 등 대규모 농장 조성을 위해 배수로와 항행수로가 만들어지면서 점차 그 처녀성을 잃어갔다.

1960년대 들어 주거지역과 상업지역이 확대되면서 일부 지역만이라도 보전하여야 한다는 여론에 끌려 전체 면적의 25% 정도가 ‘에버글레이즈 국립공원’으로 지정되어 보호받기 시작하였다. 그러나 그 외 지역에서는 마이애미 시 등 대도시의 확대와 더불어 용수문제가 대두되면서 과연 생태계를 위한 물과 도시에 공급하는 물 중 어느 것이 우선인지에 대한 ‘환경’ 논쟁이 시작되었다. 특히 1969년에 ‘빅 사이프레스’늪지에 대규모 공항건설사업 계획이 발표되면서 이 지역의 환경보전 문제가 미국에서 초미의 관심사가 되었다. 이에 따라 당시 닉슨 대통령은 1974년에 이 지역을 ‘빅 사이프레스 국립보존지역’으로 만들면서 비행장 건설을 백지화시켰다.



빅 사이프레스습지

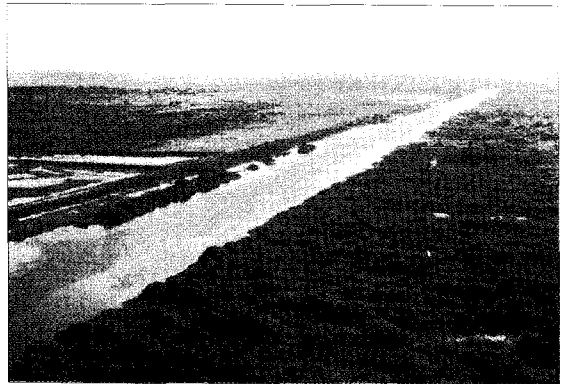
조절이라는 목표는 달성하였으나, 물길 자체와 주변 소택지의 생물 서식처를 극단적으로 변화시키고 말았다. 겨울을 나는 철새 수가 90%나 줄어들었으며, 왜가리, 황새 등 얕은 물위를 걸어 다니는 새들은 대부분 사라졌다. 원래 큰입농어(large mouth bass) 낚시로 유명했던 이 강은 bowfin(아미아과의 민물고기)이나 동갈치(gar) 같은 '거친' 물고기의 천국이 되어버렸다. 광활한 습지를 활공하던 대머리독수리(bald eagle)는 2/3가 사라졌다. 다양한 습지식물의 보고였던 키시미 강 홍수터의 대부분인 160㎢가 목장으로 변하였다.



〈그림 2〉 직강화되기 전 키시미 강의 하도와 홍수터(1961년)

원래 키시미 강은 하류에 있는 오키초비 호의 오염원이 아니었으나, 이 사업 후 키시미 강은 하류 호수로 들어가는 질소의 25%와 인의 20%를 차지하게 되었다. 그 이유는 자연의 정화능력이 있는 습지가 말라가면서 목장, 낙농, 감귤농

장이 들어서자 거기서 나오는 오염물질이 그대로 강으로 들어갔기 때문이다.

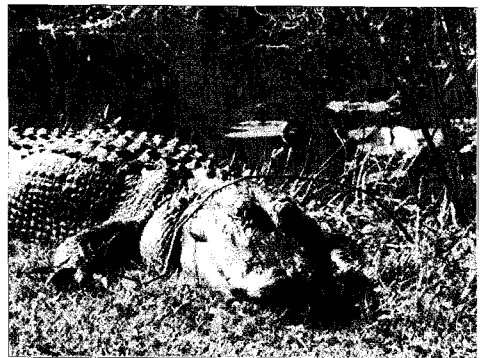


〈그림 3〉 홍수조절을 위해 깊게 파서 직선으로 만든 키시미 강(60~70년대) (우리 기준으로 이 모습도 자연스럽다)

이렇게 강이 죽어가게 되자 지역주민들의 원성이 커갔다. '아는' 사람들은 자연과 생물이 사라진 키시미 강을 보고 이제 더 이상 이 강은 'Kiss-Me 강'이 아니라고 자조적인 말을 하게 되었다. 사실 이러한 문제는 하천정비사업이 끝나자마자 나타나기 시작하였다. 전문가들은 이 문제를 해결하기 위해서는 결국 지금까지 해온 하천정비사업을 거꾸로 올라가는, 즉 복원사업을 하여야 한다고 주장하였다.

시간이 언제나 정의의 편에 서 주는 것은 아니다. 복원사업은 정비사업이 끝난 후 20년이 지난 1992년에야 겨우 연방정부 의회의 승인을 받을 수 있었다. 그러나 그 이후에도 난

1994년에 '에버글레이즈 영속법'이 제정되어 주정부의 '남플로리다 물관리구역'과 연방정부의 '미공병단'이 특히 물속의 인공도 저감사업을 대대적으로 추진하여 일부 성과를 보였다. 그럼에도 불구하고 계속되는 환경의 질 저하 문제는 결국 2000년에 미 연방의회에서 '종합 에버글레이즈 복원계획(CERP)'을 통과시켜 상류 키시미 강 복원사업과 별도로 에버글레이즈의 일부, 오키초비 호, 칼루사해치 강과 플로리다 만의 복원사업이 법제화되었다. 이 사업의 핵심은 에버글레이즈의 생태시스템의 복원과 더불어 허리케인에 취약한 이 지역의 홍수조절 및 용수 공급이다. 이 사업은 복원대상 면적이 무려 46,000㎢로서 우리나라 면적의 반 가까이 되며, 30년 동안 공사비만 총 약 10조 원이 들어간다. 정치적, 재정적 문제 등으로 일부 지연되고 있지만 현재까지 세계 최대의 자연환경 복원사업이 되고 있다.



공원에 사는 악어(델리게이터)

관은 계속되었다. 1991년에 공군은 강이 복원되면 너무 많은 새들이 살게 되어 폴크(Polk)와 하이랜즈(Highlands) 카운티에 있는 사격장으로 향하는 제트기에 위협이 될 것이라고 우려하였다.

(숨겨진 이야기) 오키초비 목장주이면서 복원사업 공사 부소장인 릭 루나(Rick Luna)에게는 이러한 일이 꿈만 같았다. 그가 꼭 11살이었을 때 인공수로 만들기 위한 갑문과 댐 공사장에서 일했다고 한다. 40년이 지난 지금 그는 그가 만들었던 인공수를 다시 메우고 있다.

“어렸을 때 그 공사는 정말 새롭고 신기한 것이었습니다. 그 후 나는 새롭게 개간된 땅의 목장주가 되었고, 그 공사가 강에 대해 저지른 잘못이 무엇인지 알게 되었습니다. 강을 자연으로 되돌리는 것은 나에게 정말 감격스러운 일입니다.”

갑문 하나를 철거하고 12 km의 수로를 흙으로 다시 메워져서 24 km의 새로운 강과 44 km²의 저습지가 복원되었다.

키시미 강 복원사업은 연방정부와 주정부가 같이 하는 사업이다. 연방정부의 사업 주체는 뜻밖에도 육군 공병단이다. 미국에서 개척이나 하천개발은 전통적으로 육군 공병단의 일이기 때문이다. 실제 수십 년 전 문제의 키시미 강 홍수조절사업도 공병단의 임무였다. 병 주고 약 주는 꼴이다. 주정부의 사업 주체는 ‘남플로리다 물관리지구’이다. 이 두 기관은 50:50을 투자하여 C-38 수로의 상류부와 하류부는 홍수 조절을 위해 그대로 두고 중앙부 35 km 구간을 다시 메우고 있다. 키시미 강 복원사업으로 최종적으로 69 km의 강과 102 km²의 홍수터 저습지가 복원된다. 사업비는 총 575백만 달러(우리 돈으로 약 7,200억 원)이다.

이 사업은 공간적으로 크게 둘로 나누어진다. 하나는 상류유역(키시미 수원 재생사업)이고 다른 하나는 하류유역(키시미 강 복원사업)이다. 상류유역은 키시미 강 상류에 있는 다수의 호수를 포함하며, 하류유역은 키시미 호에서 오키초비 호까지를 연결한다.

상류유역 복원사업에는 두 개의 수로 개선사업, 키시미

호/해치니어 호/사이프레스 호의 수위조절 변경사업, 그리고 주변 토지의 매입 등이 포함된다. 하류유역 복원사업에는 C-38 수로에서 35 km 구간의 되채우기, 14 km 구간의 굴착, 그리고 두 개의 물 조절용 보와 갑문의 철거 등이 이루어진다. 이러한 사업을 통해 강의 수위는 더 자연스럽게 변화하면서 주변 저습지 홍수터에 물을 공급함으로써 강과 홍수터가 되살아나게 된다. 나아가 1.6~3.2 km 폭의 저습지 홍수터에 있는 물고기와 다양한 야생동물 서식처는 되살아나게 된다.

키시미 강 복원사업의 사업의 주요 목적, 목표를 정리하면 과거의 물 순환 상황을 재현하고, 강과 홍수터의 연속성을 되살리는 것이다. 또한 지금은 사라진 과거의 습지의 식생 군락들을 모자이크로 재생시켜 생물종의 다양성과 기능성을 복원하는 것이다.

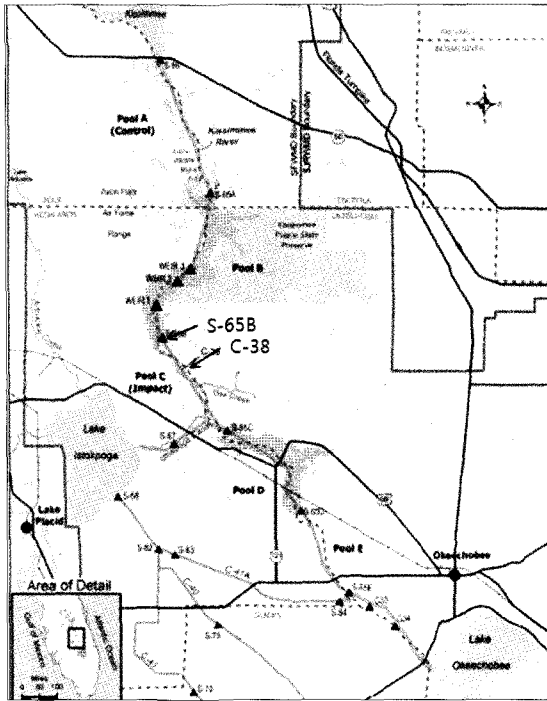
1997년 복원사업이 진행된 이후 현재까지 진행된 사업성과를 정리하면, 연방주정부는 먼저 복원사업에 필요한 하천 주변부지 총 413 km²를 매입 완료하였다. 2001년에 끝난 1단계 사업 이후 강에는 계속 물이 흐르고 있고 사업이 종료되면 추가적으로 102 km²의 주변 홍수터가 복원된다. 이 안에는 81 km²의 습지와 74 km의 구하도가 포함된다. 지금까지 35 km의 구간 중 16 km가 다시 메워졌다.

되살아난 키시미 강

키시미 강 복원사업은 크게 첫 번째로 “Room for River”를 위한 주변 토지를 사서 강에 돌려주는 것, 두 번째로 예전에 흘렀던 강의 자취를 되살리기 위해 인공적으로 직강화된 C-38 수로의 1/3 정도를 메우고 옛 물길을 다시 파는 것, 그 밖에 세 번째로 제방을 철거하고 수량조절시설을 개선하며 사업 구간 내에 홍수방어 및 기간시설물을 개선하는 것으로 구분된다. 수로 메우기 공사는 완벽을 기하기 위해서 일부 짧은 구간을 시범적으로 복원하였다.

직선 수로를 다시 메우는 작업은 1단계(Phase I)는 이미 2001년 2월에 완공되었으며, 4단계사업 중 IVA 사업은 2007년 12월에 완공되었고, IVB 사업은 2008년 8월에 착공되었다.

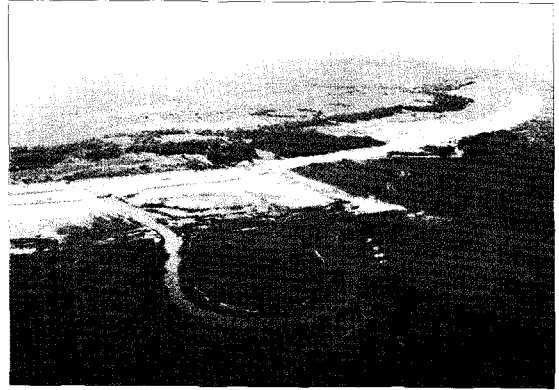
이 사업의 핵심 부분인 2/3단계(Phase II/III)는 2011년 10월에 착공할 예정이다. 그 밖에 A, B, C 소(沼) 구간의 제방 높이를 본래의 자연 상태 높이로 낮추어 홍수가 주변 홍수터로 자연스럽게 잠기게 하여 저습지 생태계가 되살아나도록 하였다. 동시에 키시미 강의 기존 홍수조절기능을 유지, 대체하기 위해서 수문 확장 공사, 일방향 제방 높이를 낮추어 홍수가 일어났을 때 주변 홍수터로 물이 퍼져 상류에 물이 안 빠지는 문제를 해소하는 공사, 상류 호수의 홍수 위험을 감소시키는 공사 등을 같이 추진하였다.



(그림 4) 키시미 강 복원사업지도

먼저 강 복원을 위해 주변 토지를 매입하여 생물서식공간과 위락공간을 넓힌다. 구불구불해진 키시미 강이 점차 자연 상태의 흐름으로 되돌아가게 되면 자연스럽게 강물이 넘쳐 주변 토지를 잠기게 하고 저습지 홍수터를 재생시킨다. 그러기 위해서는 주변 토지의 매입이 먼저 이루어져야 했고, 사업자는 필요한 모든 토지를 이미 매입하여 하천으로 돌려주었다. 이른바 “Room for River” 이다. 매입된 토지(홍수터)는 모두 주민들이 접근할 수 있다. 토지 매입은 강변뿐만 아니라 상류유역의 4개 호수 주변까지 확대되어, 호수 수위는 추

가적으로 0.45 m까지 자연스럽게 오르내리게 되었다. 호수에서 이러한 추가적인 저류공간은 결국 키시미 강의 홍수 조절에 도움이 된다. 나아가 호수변 영역이 커졌다는 것은 결국 특히 물가의 수생 서식처 공간 자체가 커졌다는 뜻으로 농어 등 물고기와 각종 야생동물의 서식에 유리하게 작용한다.



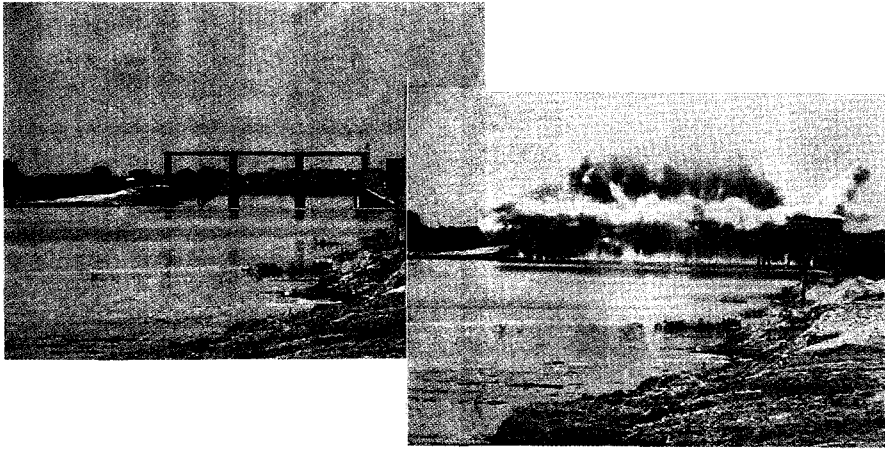
〈그림 5〉 직강화된 수로는 다시 메워지고 옛 구불구불한 강은 되살리고 있다.



〈그림 6〉 과거 직강화된 부분은 다시 메워져서 저습지가 되었다.

2001년 2월 1단계 복원사업이 완료되자 약 12 km 길이의 홍수조절용 수로가 다시 메워졌으며, 2.1 km 길이의 옛 물길이 새롭게 복원되었으며, S-65B라 불리던 물넘이 시설이 철거되었다. 이 사업으로 결국 22 km 길이의 강이 복원되었으며, 23.4 ㎢의 홍수터가 자연적으로 범람이 가능하게 되었다. 불필요한 직선수로를 메우고 옛 구불구불한 강을 복원한 것이다.

2007년에 또 다른 사업(4A 단계)이 완료되자 추가적으로 3.2 km 길이의 수로가 메워져서 모두 6.4 km 길이의 강이 다시 연결되었으며, 2.1 ㎢의 홍수터가 복원되었다.

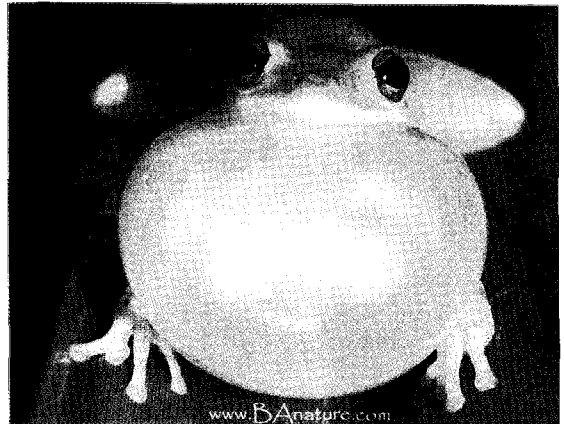


〈그림 7〉 자연흐름으로 되돌리기 위해 키시미 강에 설치된 수문시설을 폭파로 철거

곧 이어 필요 없는 운하 구조물도 철거하였다. 과거 직강화 된 홍수조절뿐만 아니라 운하기능도 고려하여 수로 중간에 갑문, 물 조절 시설 등 많은 인공구조물이 설치되었다. 키시미 강에 자연 흐름을 유도하기 위해서는 자연흐름을 방해하는 구조물의 철거도 중요하다. 2000년에 첫 번째로 철거된 콘크리트 구조물은 키시미 강을 가로질러 만든 갑문이다. 같은 해 두 번째로 철거된 구조물은 수문이 세 개 달린 물 조절 시설물이다. 중간에 갑문이 철거된 키시미 강은 놀이용 보트가 다니는데 약간의 불편함이 따랐지만 그 동안 사라졌던 생물이 돌아와 강의 생태계가 되살아난 것에 비하면 충분히 감내할만 하다. 21세기는 자연과 인간의 공존시대인 것이다.

이 같은 큰 규모의 강 복원사업은 사업 효과가 기대한 대로 정말 잘 나타날 것인지에 대해 평가하는 것도 매우 중요하다. 키시미 강 복원사업에서는 이를 '종합생태평가 프로그램'이라 부른다. 이 평가사업의 목표는 첫 번째로 생태적 보전이라는 사업 목표의 달성도를 평가하고, 두 번째로 복원사업과 실제 관찰 결과 사이의 원인과 효과를 확인하고, 세 번째로는 사업 후 필요 시 적응관리를 지원하는 것이다. 생태적 보전 목표의 달성도를 평가하기 위해서 이 프로그램에서는 우선 생태 시스템의 주요 비생물적 요소(물 순환, 지형, 수질)와 생물 군집(식생, 무척추동물, 물고기, 새) 등을 고려하고 있다. 복원사업의 성공 여부의 평가는 첫째 강-홍수터 생태 시스템의 상태를 나타내는 주요 계량인자의 변화를 평가하

기 위한 모니터링과, 둘째 복원 기대치의 개발에 달려 있다. 이러한 평가를 위해서 복원사업 전 직강화된 수로를 베이스라인(비교기준)으로 삼았다. 베이스라인 자료는 공사 후 복원된 상태에서 얻어지는 자료와 비교된다. 사업 지역 내 모니터링으로 나타나는 변화는 개별적인 복원사업 기대치에 의해 그려지는 예상 변화와 비교하여 당초 기대치가 달성되었는지 평가된다. 기대치를 달성하지 못하는 경우 적응관리 전략의 추진 여부를 고려한다.



2018년까지 생태 모니터링이 계속될 것이다. 지금까지 복원된 구간에서 이뤄진 모니터링 결과는 키시미 강 복원사업이 얼마나 놀라운 결과를 가져왔는가를 일목요연하게 보여 준다.

구체적으로, 복원된 강과 홍수터에서 얇은 물을 걷는 새들이 3배 이상 증가하였다(이 수치는 복원 목표를 2배 달성한 것이다). 지난 40년간 강이 수로로 바뀌면서 사라졌던 수많은 철새들이 다시 홍수터로 돌아왔고, 다양한 물새들이 복원된 강과 홍수터로 돌아왔다. 강바닥의 유기물이 71%나 줄어들었으며, 모래 사주가 만들어져 물새나 조개 같은 무척추동물의 새로운 서식처가 되어주었다. 장기적으로는 물고기와 다른 수생 생물에 중요한 용존산소량이 두 배로 증가하였다. 2006~2007년에는 극심한 가뭄 속에서 물리적으로 복원된 구간은 수로화 된 구간보다 극단적인 기후 상태에 훨씬 더 잘 적응하는 것이 확인되기도 하였다. 농어, 개복치(sunfish) 등 원래 서식하던 물고기들도 종전 어류군집의 38% 수준에서 63% 수준으로 증가하였다. 🌐

참고자료

- South Florida Water Management District:
홈페이지 (<http://www.sfwmd.gov/>)와 리플렛
(Guide to the Kissimmee Waterway)
- Kissimmee River, Wikipedia
- US Army Corps of Engineers, Jacksonville District:
홈페이지 (<http://www.saj.usace.army.mil/>)
- 종합 에버글레이즈 복원계획(CERP):
홈페이지 (<http://www.evergladesplan.org/>)
- Restoration of the Everglades, Wapedia
<http://www.wmhartnett.com/2001/10/26/old-is-new-again-along-kissimmee-river/>
- <http://www.dykon-blasting.com/Archives/Kissimmee.htm>



〈그림 8〉 다시 구불구불해진 강에는 자연스럽게 사주가 생겼다.