

하천의 기술력 확보 방안



장 창 래 ▶▶
한국수자원공사 수자원연구원 선임연구원
cljang@kwater.or.kr



박 봉 진 ▶▶
한국수자원공사 수자원관리처 하천관리팀장
bongjinpark@kwater.or.kr



염 경 택 ▶▶
한국수자원공사 수자원관리처 처장
yumki@kwater.or.kr

1. 서론

최근에 댐 및 골재채취로 인하여 하천의 지속적인 하상저하 및 유로변동이 발생하고 있으며, 이로 인하여 수리구조물의 안전에 위협을 초래하고, 취수장의 취수장애 등이 유발되고 있다. 특히, 댐 하류 하천에서는 식생의 번무 등으로 홍수소통을 저해하고, 내수 침수 등을 유발하며, 댐 운영시에 많은 제약을 초래하고 있다. 또한, 하천 직강화 및 홍수터 감소로 인하여 홍수의 흐름을 빠르게 하고, 하류에 홍수 부담을 가중시켜서 하류에 수해위험을 증가시키고 있다 (그림 1과 그림 2).

도시화 및 산업화로 인하여 도시인구가 증가되고 있으며, 하천의 고수부지를 도로, 주차장, 농경지 등으로 이용하여 홍수관리, 하천경관 및 생태계 보호에 지장을 초래하고 있다. 또한, 불투수층의 증가, 무분별한 지하수 사용 등으로 지하수위가 저하되고 있으며, 이로 인하여 하천의 건천화를 초래하고, 하천의 경관 및 수생 생태계에 악영향을 초래하여, 하천의 저수(低水)관리에 많은 문제를 야기하고 있다.

이를 극복하기 위하여, 하천관리 및 정비는 과거의 이수과 치수의 일변도에서 벗어나, 하천환경의 중요성을 인식하게 되어, 이를 반영하여 수행하고 있다. 그러나 이러한 하천복원 사업을 수행하는데 있어서, 기존 자료의 부족과 핵심기술의 부족 등으로 하천고

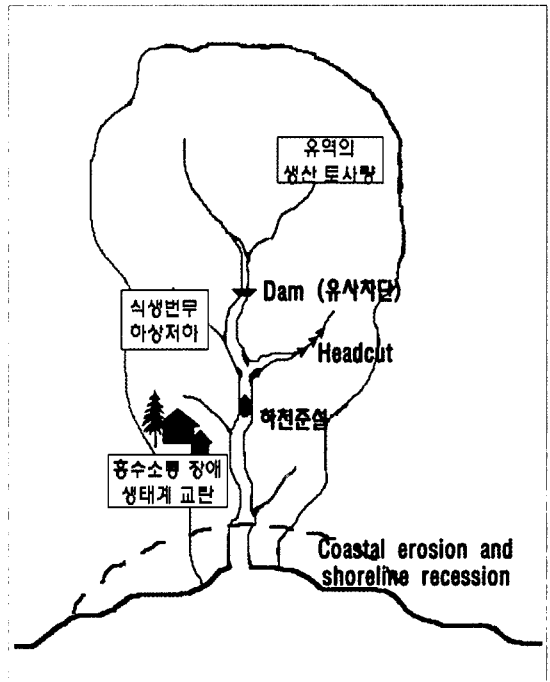
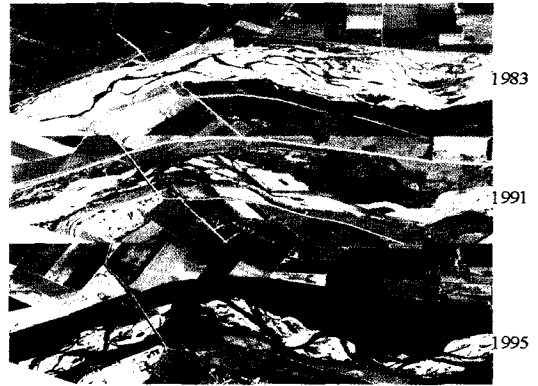


그림 1. 하천의 충격 및 교란 모식도



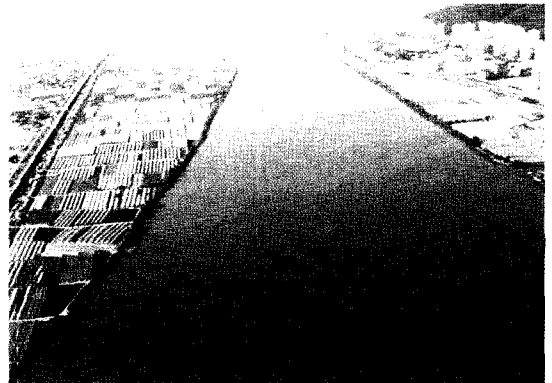
(a) 하상도로 및 수질오염(대전천)



(b) 댐하류 하천의 식생변화



(c) 하천의 식생 번무(황강)



(d) 고수부지를 농경지로 이용

그림 2. 하천교란 현황

유의 특성(지형, 하도특성, 생태계, 수환경)을 정확하게 파악하지 못하고 있으며, 하천환경에 대한 사회적 요구를 충분히 반영하고 있지 못하고 있다.

이러한 한계를 극복하고, 이를 지속적으로 수행하기 위하여 하천의 기술력을 확보하고 전문성을 향상시킬 필요가 있으며, 학제간의 긴밀한 연구가 필요하다(우효섭, 2006). 또한 이러한 기술력 향상을 위해서는 우리나라의 하천이 갖고 있는 특성에 대한 검토를 위하여 조사 및 연구가 제대로 이루어져야 하며, 우리나라 하천환경에 적합한 하천환경 평가 기법 개발이 필요하다(이삼희, 2006). 따라서 본고에서는 하천 기술력 향상을 위한 기술개발에 대하여 논하고자 한다.

2. 하천관리를 위한 목표

국가의 수자원정책 및 계획 수립시 선 개념의 하천 관리 개념에서 먼 개념의 유역관리 개념으로 변화하고 있으며, 수량과 수질을 별개로 구분하던 개념에서 통합하여 관리하는 개념으로 변화되고 있다. 특히, 오염총량제 시행으로 수량과 수질을 동시에 관리하는 개념으로 변화하고 있는 등, 국가의 물관리 개념이 변하고 있다. 또한 강우 관측 및 유량 및 수질을 측정할 수 있는 기술이 지속적으로 개발, 발전되고 있으며, 이를 응용하여 강우레이더, 원격 자동유량측정시스템, 수질측정시스템이 실용화되고 있다. GIS 기술의 발달로 GIS 기반으로 물관리시스템이 구축되고 있으며, 관측자료의 품질관리를 자동으로 수행할 수

있는 시스템이 개발되고 있다. 따라서 유역 통합 관리를 기반으로 한 하천관리가 수행되어야 한다.

최근에 선진국은 물론이고 우리나라에서도 하천환경의 보전, 복원과 더불어 삶의 질 향상이 사회적 관심으로 대두되고 있다. 이에 따라 지금까지 전통적으로 이수, 치수에 관련하여 하천을 대상으로 자연환경의 보전 및 복원에 관심을 가져야 하며, 수공학자, 생태 및 생물학 관련 학자와 기술자의 다학제간 공동노력이 필요하다 (우효섭, 2006).

또한 사회 경제구조의 변화에 따라, 지역주민의 가치관이 다양화되어, 지역주민으로부터 이에 대한 기대가 높아지고 있다. 따라서 하천 기능은 종래의 이수 및 치수의 역할 뿐만 아니라, 하천환경을 고려한 수변공간, 다양한 생태계가 서식하는 공간, 지역의 풍토와 문화를 형성하는 공간으로서 그 중요성이 넓게 인식되어 가고 있다. 따라서 하천관리자, 전문가 및 지역 주민이 참여하여 미래지향적인 하천환경의 보존 및 관리가 이루어져야 할 것이며, 하천관리를 위한 목표는 다음과 같다.

- 유역 내에서 발생하는 유량, 유사량 및 오염 부하량을 정량적으로 분석하여, 이수, 치수 및 하천환경을 통합 유역관리를 기반으로 한 하천 관리
- 하천에서 고수부지의 무분별한 개발과 농경지로 이용하고 있으며, 홍수시에 홍수 피해를 유발하고, 댐 하류 하천에서 하도내 식생이 번무하여, 댐운영 및 홍수소통에 많은 지장을 초래하고 있으므로, 홍수피해를 저감하고, 홍수 소통이 원활한 하천관리
- 하천의 변동으로 인해 교란된 생태계가 복원된 자연 친화적인 하천관리를 도모하고, 갈수시 저수(低水)관리를 통한 하천에 생태계가 다양한 하천관리
- 하천의 복원 및 관리에 하천관리자, 전문가 및 지역주민이 참여하여 주변 경관, 역사, 문화가 함께 하는 하천 관리

3. 하천 기술력 확보를 위한 기술 개발

하천관리를 위한 핵심 기술을 개발하기 위해서는, 유역에서 하천에 유입되는 유량과 토사의 조사 및 모니터링 시스템을 구축하여 기초 자료를 구축하고, 하천복원 및 관리를 위한 기반 기술을 구축하며, 이를 지속적으로 수행하기 위한 하천환경 평가 기술의 개발이 필요하며, 기술 체계도는 그림 3과 같다.

유역 및 하천에서 발생하는 생산 토사량(sediment yield)과 유사 수지(sediment budgets)를 정량적으로 파악하는 것은 하도 및 저수지를 관리하는데 매우 중요하다. 유역에서 발생하는 부유사는 하천과 저수지로 유입되며, 하천과 저수지에서 다양한 문제를 야기한다. 특히, 저수지에서는 유역에서 발생한 유입 유사에 의해 퇴적과 탁수 문제를 발생시키며, 저수지를 관리하는데 많은 어려움을 겪고 있다.

일반적으로 유사의 공급원은 크게 하도와 하도 외의 유역으로 나눌 수 있다. 하도에서는 강덕 침식(bank erosion)에 의해 유사가 공급되고, 하도 외의 유역에서는 광범위한 유역 및 계곡의 침식, 산사태 등에 의해 유사가 공급된다. 농경지, 건설현장, 광산 등 유역에서 사람의 활동에 의해 유입되며, 이 중에서 농경지의 토양침식은 유역에서 주요 유사 공급원이다 (Brown, 1984).

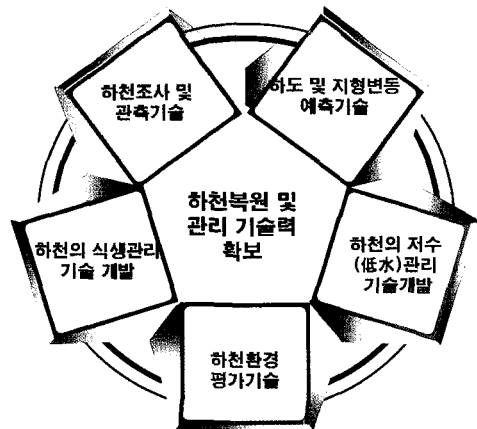


그림 3. 기술 체계도

유사의 생산은 특정 시간동안 유역에서 생산되는 총 유사량이며, 주로 부유사가 지배적이다. 생산 토사량을 추정하는 방법은 유역의 출구에서 부유사 농도를 측정하는 방법, 침식 지역(붕괴지)을 직접 조사하는 방법, 저수지에서 퇴적되는 토사를 측정하는 방법으로 나눌 수 있으며, 조사 계통도는 그림 4와 같다.

우리나라에서는 하천과 저수지를 관리하는데 있어서 정량적으로 관측된 생산 토사량 자료가 거의 없는 실정이다. 따라서 하도 및 저수지를 관리하는데 있어서 댐 상류 및 하류의 주요 관측소에서 소류사 및 부유사량을 정량적으로 관측하고, 입경별 유사량을 분석하여, 주요 유역 및 하천별 생산 토사량을 산정해야 할 것이다. 또한 주요 하천에서 유량-유사량 관계식 도출을 위한 적절한 관측망을 설계하고, 자료관리를 위한 Database system을 구축하여 하천을 관리하는데 기초자료를 구성해야 할 것이다.

최근 하천복원 및 관리를 하는데 있어서 저수(低水) 관리가 중요한 문제로 대두되고 있다. 특히, 하천의 유지유량을 산정하고, 생태계의 서식환경을 조성하는데 있어서 하도의 물리적 특성을 반영한 흐름영역(flow regime)을 고려하여 생태계 수리해석 및 생태계 서식 조건을 충족시키기 위한 최적 생태유량을 산정하는 것이 중요하다. 이러한 유량을 산정하는데 있어서 하도의 특성을 반영하여 정밀한 유속계를 이용한 3차원 고정도(高精度) 유속 분포, 흐름 구조 및 유량을 정확하게 산정하고, 이를 해석하기 위한 분석 기술을 개발하는 것이 필요하다. 그림 5는 갈수시에 하천에서 ADCP를 이용하여 유량측정 모습을 보여주고 있다.

하천에서 댐 건설과 지속적인 골재채취로 인하여 하상저하 및 강터 침식, 저수로의 변동, 식생의 변동 등 하천의 지형변동이 가속되고 있으나, 이에 대한 정량적인 연구가 거의 없다(그림 6). 따라서 하상 및 지형이 급변하는 댐 하류 하천 및 취수장 주변의 하천 관리를 위하여, 항공 및 위성사진과 수치지도 및 GIS 기술을 응용하여 하천지형 변동에 대한 정량적 분석과 주요 하천에 대한 지형변동 분석 Database를

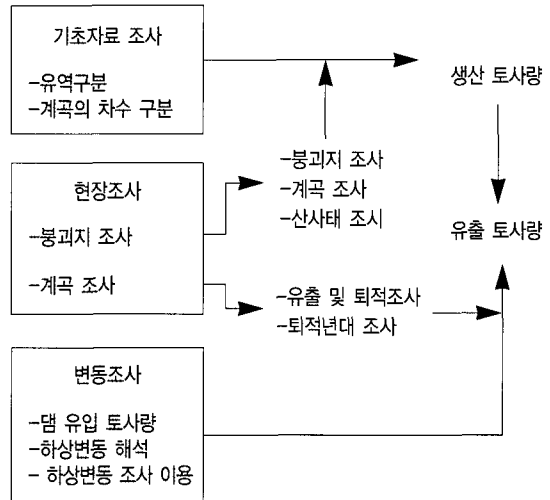


그림 4. 생산 토사량 조사 계통도

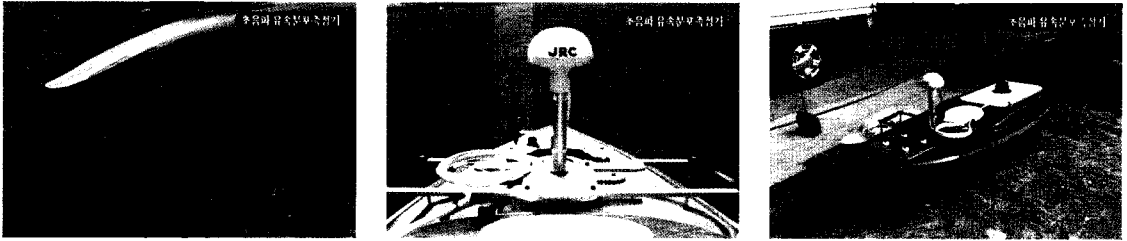
구축하는 것이 필요하다.

이러한 기술은 하도 내에 설치된 수리구조물의 계획 및 관리를 하는데 필요할 뿐만 아니라, 하도 내에 번성한 식생의 유지관리, 하도 내의 습지 복원 및 관리 등에 적용할 수 있는 필수적인 기술이다. 또한 미래에는 하천에서 관리해야 할 시설 및 유지관리 업무가 증가할 것이며, 하천 GIS 시스템을 이용한 하천관리시설에 대한 원격 집중관리가 필요하고, 하천 정보를 전자화하여 하천관리의 효율을 증대시킬 필요가 있다. 따라서 본 기술은 이에 적용하여 이용할 수 있다.

하천을 복원하고 관리하기 위해서는 하천의 하상 및 지형변화를 고려해야 한다. 하도에서는 물과 유사 및 식생의 상호작용으로 지속적으로 변화가 일어나기 때문에 그 변화를 정량적으로 예측하는 것은 매우 중요하다. 그림 7은 하안침식을 고려한 2차원 하상 및 지형변동의 모의 결과를 보여주고 있다.

하도변화를 예측하기 위해서는 기존의 연구에는 균일사에 편중되었으나 실제 자연현상에 맞도록 혼합사와 부유사의 거동을 고려해야 한다. 또한 강터침식과 식생대에서 식생에 대한 거동을 고려한 모형의 개발이 필요하다.

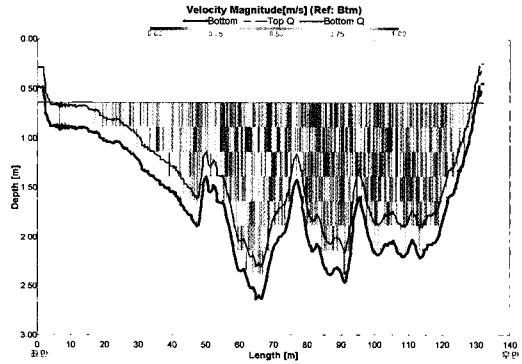
따라서 하도변화를 정량적으로 예측하는 기술은



(a) ADCP 유속측정 장비

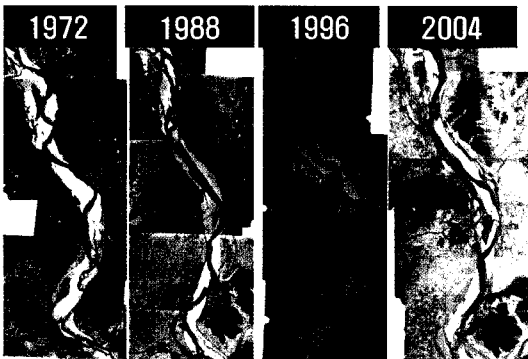


(b) ADCP를 이용한 유량측정

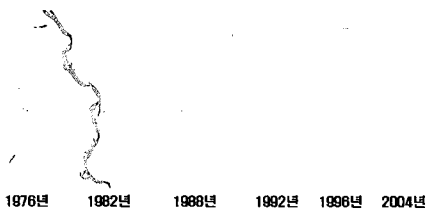


(c) 3차원 유속분포

그림 5. ADCP를 이용한 유속 측정



(a) 하천의 지형변화 (항공사진)



(b) 항공사진을 이용한 저수로의 이동 분석 결과

그림 6. 하천의 지형변동 예 (낙동강의 해평취수장 주변)

하천관리 및 복원하는데 매우 중요하며, 실제 대상하천에서 지속적인 모니터링을 통하여 그 변화를 추적하고 예측기법을 발전시켜야 한다.(그림 7 참조)

하천에서 식생은 하천의 경관을 형성하는 중요한 요소이고, 하천의 지형변동과 수문학적 물순환, 토양수분의 변화, 그리고 하도 및 홍수터에서 흐름의 저항을 증가시키는 등 매우 넓은 범위에 걸쳐 영향을 미치고 있다.

하천에 있는 식생은 홍수에 의해 교란을 빈번히 받아 파괴, 복원, 재생을 반복하고 있다. 하천 상류에 댐이나 보 등의 건설에 의해 하류 하천에서 홍수가 감소되면, 하도 및 고수부지에서 식생이 증가하게 된다. 이러한 식생의 증가는 하폭을 감소시키며, 하천의 통수능을 저하시켜서 수위를 상승시키므로 홍수에 대한 위험이 증가한다. 또한 저수로 및 사주의 이동을 감소시킨다. 또한 강턱 혹은 제방 부근에서 식생이 증가하면, 유속의 감소로 인하여 유사의 퇴적을

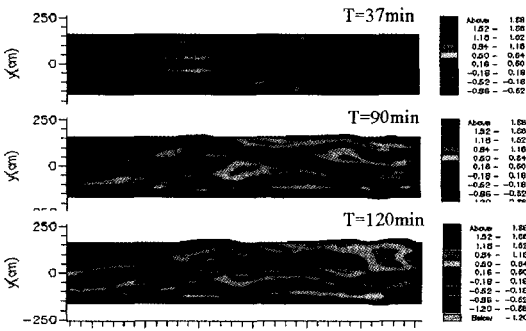


그림 7. 2차원 하상 및 지형변동 모의결과 (Jang, 2003)

축진시킨다. 특히, 모래하천에서 식생은 하상저하와 홍수의 발생빈도가 작아지면서, 고수부지의 침수빈도가 작아져서 식생의 번성속도가 빨라지고 통수능이 감소하며, 식생의 번무에 의해 2차 저수로(secondary channels)는 하도내 습지로 변화게 된다(장창래, 2006).

이러한 습지는 생태계의 다양한 서식환경을 조성하고 있으나, 치수 관리에 많은 어려움을 주고 있다. 따라서 주변경관과 생태계를 보전하면서, 홍수소통을 원활히 하기 위하여, 하도의 습지 및 하천에서 번무한 식생 관리 기술이 필요하다(그림 8 참조).

최근에 하천의 수변공간은 개방 공간(open space)으로서, 그 기능을 보전하고, 개성있는 하천을 가꾸기 위하여 의견이 증가하고 있으며, 이를 위한 하천관리자, 전문가 및 지역주민의 노력이 가속되고 있다.

하천현황을 평가할 수 있는 공간이용 평가, 자연도 평가 등은 일본, 독일 등에서 개발되어 이용되고 있으며, 생태학적 평가방법도 건교부에서 개발되어 시범적으로 적용되고 있으나, 이것을 전국 하천에 적용하기 위해서는 표준화가 필요하다. 이러한 평가지표 및 지수는 생태이동통로지수, 문화재지표 등이 수자원장기종합계획 보완시 처음 개발되어 적용되었으며, 보다 객관적인 평가를 위해서는 수변조사와 함께 하천의 자연도 공간이용 및 생태계의 건강성을 고려할 다양한 평가지표 개발이 필요하다. 또한, 하천복원

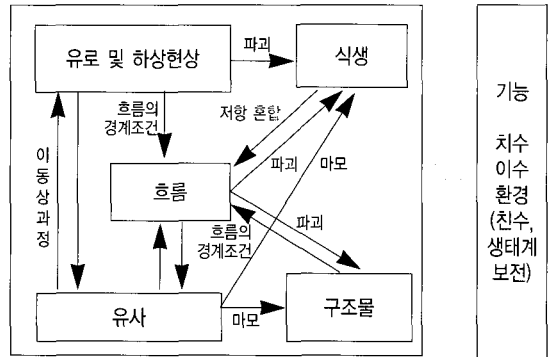


그림 8. 하천의 지형과 상호작용계(Tsujimoto, 2001)

및 관리를 위하여 정책결정자의 의사결정에 필요한 사회 및 경제성 평가기법 개발이 필요하다.

4. 결론

하천은 유역으로부터 물과 다양한 물질이 유입되어 다양한 변화를 일으키며, 스스로 적응하고 진화하고 있다. 또한 자연계와 인간사회에 밀접한 관계를 맺으며 다양한 문화를 창조하여 왔다. 최근에 기술의 발달로 인구의 집중화, 도시화가 진행되면서 하천에 대한 인간의 간섭과 교란이 가속되고, 이에 대한 하천의 반응으로서, 많은 부작용이 나타나고 있으며, 보다 더 효율적인 하천관리 및 복원을 위하여 다양한 시도와 노력을 하고 있다.

그러나 이에 대한 기술이 부족하며, 하천의 변화 자체를 이해하면서 치수에 안전하고, 하천을 터전으로 생식하고 있는 생태계 및 주변 경관과 조화로운 하천 관리 및 복원을 위한 조사, 전문가의 육성 및 기술개발을 수행해야 할 것이다.

참고문헌

1. 우효섭(2006), “생태수리학: 수공학자와 기술자들의 또 다른 임무”, 한국수자원학회지, vol 39, No.

- 4, pp.12-19.
2. 이삼희(2006), “하천살리기의 차세대 핵심 기술”, 한국수자원학회지, vol 39, No. 4, pp.41-47.
3. 장창래(2006), “하천의 지형변동과 식생”, 한국수자원학회지, vol 39, No. 12, pp.52-58.
4. Brookes, A. (1989), “River channel change.” In: Gore, J.A. and Petts. G.E.(eds). Alternatives in regulated river management. CRC Press, USA.
5. Brown, L.R. (1984), Conserving soils. In Brown, L.R. (ed.), State of the world, 1984. New York: Norton, pp. 53-75.
6. Galay, V.J. (1983), “Causes of river bed degradation” Water Resources Research.
7. Jang, C.-L. (2003), “Study on the morphological behavior of the channel with erodible banks.” PhD dissertation, Hokkaido University, Sapporo, Japan.
8. Kondolf, G.M. (1994), “Geomorphic and environmental effects of instream gravel mining.” Landscape and Urban Planning 28.
9. Pitlick, J. and Wilcock, P. (2001) “Relations between streamflow, sediment transport, and aquatic habitat in regulated rivers” In: Dorava, J.M., Montgomery, D.R., Palcsak, B.B and Fitzpatrick, F.A. (eds), Geomphic processes and Riverine Habitat. American Geophysical Union, Washington, DC.
10. Tsujimoto, T. (2001), “Change in channel morphology and riparian vegetation.” Lecture notes of the 37th summer seminar on hydraulic engineering, Course A, Committee on Hydraulic Engineering, JSCE.
11. Xu, J. (1996) “Channel patterm change downstream from a reservoir: An example of wandering vraidred rivers” Geomor-
phology. 