

비점오염원 저감을 위한 수변구역관리



한 건 연 >>

경북대학교 토목공학과 교수,
우리학회 편집위원장
kshanj@knu.ac.kr



김 동 일 >>

경북대학교 토목공학과 박사과정
kdi5422@naver.com

1. 서 언

정부에서 수변구역의 중요성을 인식하여 수질을 보전하고 개선시키기 위한 예방대책의 일환으로 수변구역제도를 도입하였고, 4대강 유역중 낙동강에서는 제도의 효율적 집행을 위해 2002년 “낙동강 수계 물관리 및 주민지원 등에 관한 법률” 등을 제정하여 수변구역지정을 법제화 하였다. 1999년 한강특별법에 이어 2002년 3대강 특별법(낙동강, 금강, 영산강·섬진강)시행령을 통과시켜 물관리종합대책의 추진을 법적으로 뒷받침하는 특별법들이 본격 시행됨에 따라 물관리종합대책을 체계적으로 추진하는 배경이 되었다. 또한 수변구역의 지정은 수질개선을 위한 토지이용의 규제가 불가피한 바, 대상지 내 토지 소유주들의 재산권 침해로 이어질 수 있어 위 법률에서는 상수원 수질보전을 위해 필요한 지역에 한해 토지매수를 가능케 하였다. 토지매수의 목적은 ‘오염원 입지

등 반환경적인 토지이용을 예방하여 상수원 수질개선을 도모하고 상수원 지역의 토지이용규제(재산권 제약)로 인한 토지 소유자들의 재산권을 보전’ 하는데 있다. 수변구역 토지매수제도는 상수원구역 오염원을 근본적으로 차단하고 정화기능을 확대할 수 있도록 하기 위한 법적 근거가 마련되었다는 점에서 큰 의의가 있다고 할 수 있다.

낙동강유역은 2003년부터 상수원 댐 상류 수변구역 및 상수원보호구역의 토지매수를 실시하였고 매수면적이 최근 급격히 증가하여 2006년 6월말 현재까지 1540필지, 면적 3,928,595m²의 토지가 매수된 상태이다.

그러나 우리나라의 제반 환경조건은 토지가격이 상대적으로 저가는 아니고, 전 유역에 걸쳐 농경지가 산재되어 있으며, 특히 고지대의 고랭지 밭 경작 및 하천둔치 및 연안지역에서의 대규모 경작지 등은 비점오염원의 형태로 수질에 악영향을 끼치고 있다. 또한 국내유역 어디에서는 하천제방에 의해서 평지를 흐르는 우리나라 모든 하천들에서 하천과 그 주변 지역을 분명히 갈라놓고 있어 수변지역의 적용성이 검토될 지역도 있는 실정이다. 국내의 지형특성과 기후특성이 수변구역 유용성에 대해서 이견이 있을 수 있으나 수변녹지, 수변습지 등의 조성이 유역에서의 홍수피해와 수질개선의 두 가지 실익이 있는 것은 누구나 인정하는 사실이기 때문에 현 시점에서는 면밀한 계획 하에 연차적인 사업추진이 중요할 것으로 판단된다.

그림 1과 그림 2는 우리나라 유역에서의 수변구역 조성에 관한 Zone의 구성을 도해적으로 나타낸 것이

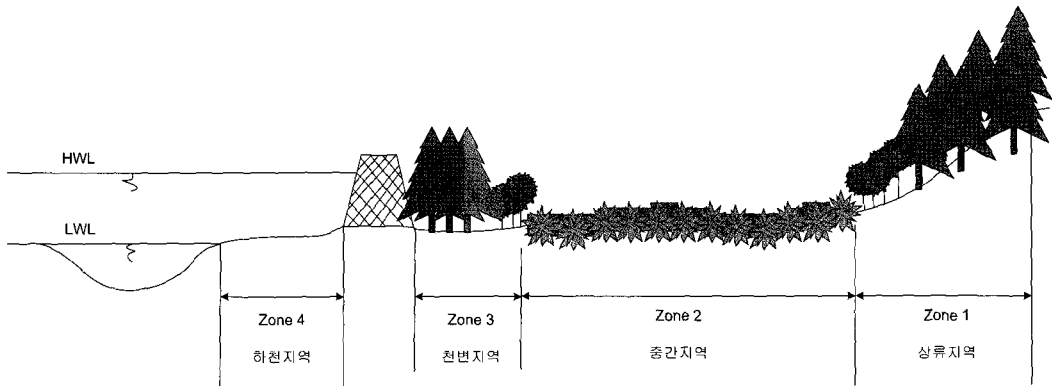


그림 1. 제방이 축조된 하천에서의 수변구역 구분(국가하천 및 개수된 지방 1, 2급 하천)

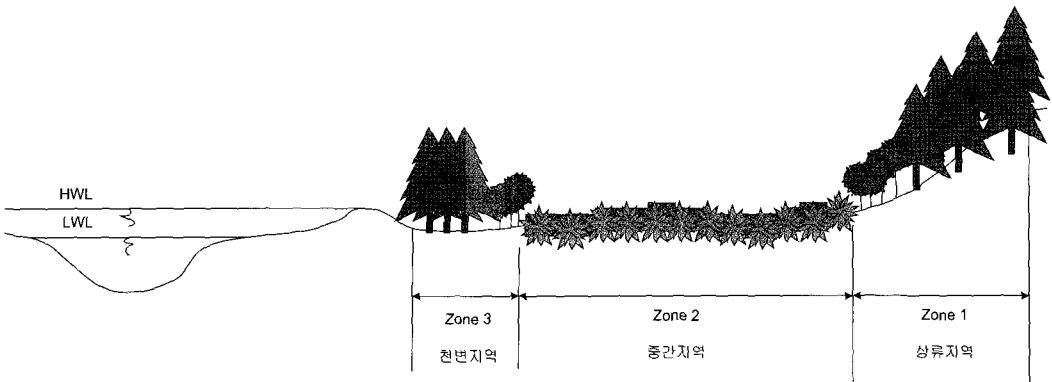


그림 2. 제방이 축조되지 않은 하천에서의 수변구역 구분(소하천 및 실개천)

다. 그림 1은 국가하천 및 지방 1, 2급 하천과 같이 하천제방에 의해서 제내지와 제외지가 구분되어 있는 경우 주로 Zone-2와 Zone-3에 대해서 수변구역 조성이 필요한 것으로 사료되며, Zone-4 구역에 대해서는 현재 일부 구역에서 하천부지내에서 농업 등의 행위가 이루어짐으로서 강우시 하천오염의 주요인을 제공하고 있는 바, 이들 유역에 대해서는 정부에서 토지허가를 환수하여 원래의 하천기능을 회복할 수 있도록 하여야 하겠다. 그림 2는 소하천 및 기타 실개

천 등에 해당되는 사항으로서 이 경우에 하천제방이 축조되지 않았으며, 자연제방의 형태를 유지하고 있는데, 주로 Zone-2와 Zone-3에 대해서 수변구역 조성이 필요한 것으로 판단된다.

2. 수변구역 관리 방향

수변구역에 대한 추진방향은 그림 3에서와 같이



그림 3. 수변구역에 대한 추진방안

수문학 및 지형구조, 산림지역, 숲 및 목초지, 수질보존 및 서식지 그리고 레크레이션 및 교육에 대해서 검토하였고, 이를 구체적으로 설명하면 위와 같다.

2.1 수문학적 및 지형구조적인 사항

- 수문학적 상황을 좀 더 자연적인 상태로 되돌리는데 초점을 맞추는 전략은 수변지역이 가지는 기능을 복원하는데 있어서 가장 큰 잠재력을 가진다. 수변의 식생은 흐름 및 하천 환경과 관련된 흐름 변화에 적용되어있다. 더욱이 홍수터의 구조물과 기능은 주기적인 범람과 연관되어 있다. 따라서 댐 운영의 변화, 자연친화적 흐름상태의 복원 등과 연관된 유사 특성들은 수변 식생의 복원에 있어서 중요하다.
- 만약 수문학적 상황이 좀 더 자연적인 상태로 되돌릴 수 있는 변화를 가할 수 없다면 다른 지형학적 및 구조적 복원 활동은 성공하지 못할 수도 있다. 흐름 상태의 시간적인 변동양상은 수변 식

물군락의 구성과 그것들의 기능에 있어서 중요하다. 따라서 지형 및 구조적인 조정을 단순하게 적용하는 것은 생태학적인 복원목표에 부합되지 않을수도 있다.

- 댐 운영은 하류부 수변구역을 복원하는데 도움이 될 수 있도록 고려하여 조정되어야 한다. 수생태적인 측면으로 하천흐름의 복원이 이뤄지는데 반해 수변구역 목적으로의 댐의 운영규정은 거의 없다. 수변 식물군락을 증대시키기 위해서는 하류로 더 많은 물을 흘려보내야 한다. 하류부 수변 구역에 대한 댐 유량 조정의 영향은 수변복원의 가능성을 확인하기 위해서 지속적으로 점검되어야 한다. 이 경우 댐 운영을 변화시키는데 있어서의 장애물로는 지역적 요인과 사회경제적 요인이 있을 수 있다.
- 홍수터에서의 구조적인 개발은 수변구역에 대한 그들의 영향을 경감시킬 수 있을 정도로 하천, 저수지 및 다른 수체로부터 충분히 멀리 떨어진 곳에서 이뤄져야한다. 그리고 경우에 따라서는

수변구역에 대한 주기적인 범람이 가능하도록 조정해야 된다. 구조적인 개발은 대체로 많은 수변구역의 크기와 성격 그리고 기능면에서 큰 영향을 미친다. 따라서 하천 근처의 불필요한 구조물 건립을 방지하는 것이 지역적 및 국가적인 차원에서 우선 이루어져야 한다. 그리고 보존구역이 포함된 지역의 매입을 통해서 좀 더 자연적인 상태의 홍수터 내의 미 개발지역을 유지할 수 있다. 일반사회 단체와 지역사회는 하천과 건물건립이 제한되고 기존 건물이 철거될 수 있는 지역을 규정지우기 위해 하천 설계빈도를 상향하는 지역에 대한 구체적인 정보를 이용할 수 있다.

2.2 산림지역, 숲 및 목초지에 관한 사항

(1) 산림지역에 관한 사항

- 수변완충지대를 사용하는 것은 삼림생태계와 연관된 수중 및 수변 서식지를 유지하고 복원하는데 중요하다. 고지 산림지역의 관리와 더불어 수변 완충지대는 물을 정화시키는데 있어서 중요하고 장·단기간의 목표를 정확히 제시할 수 있는 생태학적인 지식을 기반으로 설계되어야 한다. 수변완충지대의 크기 규모와 전체 배수지역에 관한 적용은 토지 소유자의 권한과 관리목적에 맞게 결정되어 진다.

(2) 대규모 숲에 관한 사항

- 하천 배수 산림 유역에 대규모 숲을 도입하는 것은 수생서식지를 회복시키는데 도움이 되는 중요한 단기 실행 방안이 될 수 있다. 장기간에 걸친 대규모 숲을 위한 수변 산림의 복원은 우선적으로 이뤄져야 된다. 대규모 숲의 도입을 시도해 본 사례 및 생태학적 기초가 없는 곳에서는 이에 대한 관리 방안이 마련되어야 한다. 특별히 과거 토지이용에 의해 대규모 숲이 없어지고 남아있는 수변 삼림이 수십년 동안 충분한 대규모 숲을

제공하지 못한 경우 이 방식에 의한 복원이 필요할 수 있다.

(3) 목초지에 대한 사항

- 수변구역으로부터 가축을 배척하는 것은 수질, 수문학적 기능, 식생피복 및 조성, 자연종의 서식지를 회복, 유지하는데 가장 효과적인 방법이다. 생태학적인 복원이 가장 주된 목적이면서 비용이 문제가 되지 않는다면, 가축을 목초지로부터 배척시키는 것은 우선시되는 관리방법이 될 것이다. 수변구역으로부터 영구적으로 가축을 배척하는 것은 상대적인 가치, 가축 이외의 자원(예를 들어, 위협받는 서식지 및 수질)의 중요성으로 인하여 때로는 바람직하며 필수적일수도 있다. 일단 생태학적이고 수문학적 기능이 복원되고 잘 관리된다면, 일부의 경우에 있어서 목초지는 어느 정도의 영향을 갖게 될 것이다.
- 수변구역에서의 목초지가 배제되거나 적절히 관리된다고 하더라도, 수변구역의 보호를 위하여 목초지는 고지에서 관리되어야 한다. 수변조건은 수변구역내의 활동뿐만 아니라 고지의 조건 및 활동에 대해서도 기능을 갖는다. 과도한 토지의 침식 및 유출에 기여하는 고지에서의 활동은 수변구역의 조건 및 기능에 부정적인 영향을 줄 수 있다.
- 축산, 목초지에 의해서 감소되는 수변구역으로부터 가축을 배척하지 못하는 곳에서는 목초지의 관리에 대한 변화가 없이 그 조건이 개선되지는 않을 것이다. 사용하는 계절의 변화, 가축의 비율 혹은 방목기간의 단축, 몇 년간 가축으로부터 떨어져 있거나 다른 방목시스템의 도입으로 수변구역의 주변조건이 개선될 수 있다. 예를 들어, 초목의 조건, 토양 및 수질, 또는 하천제방 안전의 증대는 대상지역의 조건 및 잠재성에 달려있다.
- 향후 연구는 다양한 지역에 대한 효과적인 목초지 관리계획을 포함하는 것이 필요하다. 수변구

역에서 축산업이 계속 이어진다면, 가축으로 인한 생태학적 영향을 줄일 수 있는 목초지에 대한 시스템과 전략에 관한 연구가 이루어져야 한다. 더욱 효과적으로 하기 위하여 목초지에 대한 전략은 대상 유역별로 특성화되어야 한다. 또한 관리방법은 토지의 소유 및 토지이용의 목적에 따라 다양하게 나타날 것이다.

2.3 하천 수질보존 및 서식지에 관한 사항

(1) 하천 수질보존에 관한 사항

- 설계되고 건설된 수변완충지대는 많은 중요한 수질개선 기능을 가지고 있는 귀중한 보존 방안이다. 지표 및 얇은 지하수로 부터의 다양한 오염원을 제거하는데 있어 이러한 완충지대는 매우 효과적이다. 산지 유출이 수변구역을 천천히 그리고 균일하게 통과할 때와 주하천의 하도로 도달하기 전에 흐름의 대부분이 수변구역을 가로지르는 낮은 차수의 하천을 따라 지나갈 때 수질 개선에 있어서 매우 효과적이다.
- 수변 완충지대가 수질 개선을 위한 유일한 BMP로 의존되어서는 안된다. 대신 수변 완충지대가 산악지방으로부터의 산지유출과 경작지와 산악지방의 보존을 지원하는 2차적인 BMP 방안으로 간주되어야 된다.
- 수변완충지대는 그것들의 모든 생태학적 기능을 고려하고 다목적 접근기법에 의해 접근하고 설계되어야 한다. 수변완충지대는 오염물질의 제거, 수많은 서식지를 제공, 홍수 통제, 지하수 충전, 그리고 그들이 제공하는 환경적인 기능 때문에 큰 가치가 있다. 하지만 수질과 생태학적 기능을 고려한 새로운 평가 과정이 개발되지 않는다면 환경보호를 위한 수변구역이 가지는 가능성을 최적화할 수 있는 방법으로 수변 구역의 크기(폭과 길이)와 구성방법(식생의 종류 및 형태)을 결정하여야 할 것이다.

(2) 생물 서식지에 대한 사항

- 수변구역(자연적인 보존구역 및 관리되는 완충지역)은 주변 경관과 연관되어 생물 서식지의 복원을 위해서 사회적으로 최고의 기회를 제공하게 된다. 이러한 지역에 대한 확인과 지도상에 표시 및 평가가 요구된다. 동·식물의 서식 및 이동 경로로서의 가치를 최적화시키기 위한 수변구역에 대한 관리를 위해서는 유역의 특성과 유역의 규모에 따라 계획하고 실행하는 것이 필요하다.

많은 경우 수변지역의 관리에서는 생물 분류학적으로 단일 종에만 집중하는 것으로 인하여 어려움을 겪게 된다. 다양한 자생종들에 대한 최적화된 서식지를 찾고 접근하는 관리방법을 통합하는 것이 요구된다. 통합적인 관리방법은 시험 유역의 활용 및 관리가 포함되어야 하며, 자생하고 있던 초목들의 재서식에 초점을 맞추어야 한다. 수변구역의 관리는 생태계에서의 상호작용과 더불어 이러한 다양한 동·식물의 비율을 안정적으로 유지하는 것에 집중해야 한다.

- 현재의 산림 및 농업적인 관리방법은 수변구역 서식지로서의 가치에 대하여 충분하게 초점을 맞추지 못하고 있다. 대부분의 산림 완충지대, 울타리로 둘러싸인 수변구역, 그리고 농업 완충지역의 주된 관심사는 수질을 보호하는 것이다. 이러한 계획에서 수질보호를 위한 완충지역은 야생의 서식지가 적극적으로 고려되도록 구조적으로나 식생적인 판단을 필요로 한다.

2.4 레크레이션 및 교육에 관한 사항

(1) 레크레이션에 관한 사항

- 수변구역에서의 여가활동 활용에 대한 관리는 세심한 설계, 사용의 제한, 그리고 공공교육 등과의 연계가 필요하다. 대부분의 경우, 이러한 요인들의 상당부분이 여가활동을 위한 관리계획에서 누락되고 있는 실정이다. 수변구역에서의

여가활동에 대한 관리의 목적은 이러한 지역에서 인간의 활동 및 여가가 이루어지는 동안에도 수질 및 식생과 같은 자연적인 기능을 지속시키는 것이다.

- 수변구역에서의 여가활동을 위한 대부분의 개발 사업에서는 생태학적인 평가와 계획이 매우 부족한 실정이다. 여가활동에 대한 계획에는 주변경관에 대한 관점이 포함되어야 하며, 지역사회 및 이해관계자의 의견이 수렴되어야 한다. 어떤 유형의 여가활동을 위한 활용은 수변구역의 보존 및 서식에는 적합하지 않으며, 이에 대한 제재를 가하는 것이 필요하다. 예를 들어, 수변 습지구역이나 침식경향이 있는 지역에서 비포장지역에서의 비포장도로용의 차량을 이용하는 것은 금지되어야 하고, 보기 드문 동·식물의 자생지에서는 집중되는 일반인의 출입을 제한해야 한다.

(2) 수변구역의 교육에 관한 사항

- 수변구역의 관리에 대한 효율적이고 긍정적인 변화에 대한 성공이 이루어지기 위해서는 수변구역에 대한 교육이 광범위하고 다양한 계층의 사람들에게 이루어져야 할 필요성이 있다. 공식적인 교육기관이 포함되어야 하고, 정책 책임자, 자연자원 전문가, 정부관리, 수변구역 연구자, 토지 소유주, 그리고 대중들에게도 직접적으로 실시되어야 한다. 자연자원 전문가는 그들의 전문적인 지식 및 교육을 활용하여 그들의 견해를 홍보하여야 한다.
- 수변구역의 교육은 포괄적인 방향으로 노력하여야 한다. 전문용어, 약어, 그리고 하나의 관점에 대한 접근은 피해야 한다. 수변활동에 대한 대중의 미적 이해는 이미 상당 수준에 도달해있다. 이러한 이해는 수변구역에 대한 공공적인 책임을 향상시키기 위해 반드시 적용되어야 한다.

3. 수변구역 관리시 고려할 사항

- 수변구역 관리를 위한 도구는 단순한 대책에 의존하는 평가 방법부터 전체 유역에 대한 분석, 조사 및 생태계 구조와 기능에 대한 모델링까지 다양하다. 신속한 평가는 즉각적인 대응이 필요한 곳에서 의사결정을 도울 수 있는 도구로서 유용하지만 정확한 과학적 기반의 접근법일수록 더 오랜 기간의 관리가 필요하다. 어느 경우에나, 관련된 책임자들은 수변구역의 구조와 기능에 대해서 정확한 지식을 가지고 바람직한 수변조건을 결정할 수 있어야 한다.
- 일반적으로 습지와 수생태계에 사용되는 대부분의 평가도구의 기본 개념은 수변구역의 조건을 평가하기 위해 수정하여 적용할 수 있다. 어떤 경우에는 수생구역에서 수변구역의 홍수터나 지상영역으로의 확장이 요구될 수 있고, 습지가 수변구역의 대부분일 경우 수정할 부분은 매우 적을 것이다. 수변구역의 범위는 수변구역 평가의 정확성에 큰 영향을 미치므로 제일 먼저 지정해야 된다.
- 적절한 기능을 부여하는 조건은 특별히 수변구역을 위해 개발된 유일한 방법으로서 수변구역 평가를 위한 우수한 단계의 체계를 제공한다. 이 방법은 신속하게 적용가능하고 제 기능을 못하고 있거나 기능적으로 위험한 수변구역을 신속하게 지정하는 점에서 큰 활용성을 갖는다. 그러나 이 방법은 주로 물리적 요인을 평가하도록 구성되어 있기 때문에 현재 생물학적 성분의 평가는 수행하지 못한다. 그러므로 현재 상태에서는 수질, 조류 생물군, 식물군락 구조와 성분, 지상동물 군집 등을 물리적 조건과 연계시키기 위한 개선이 필요하다. 이러한 접근법은 일부 전문가들의 한정적인 판단보다 더욱 정량적이고 지역적인 특성을 고려한 지역적 판단 기준으로 활용가능 할 수 있다.
- 수문지형학적 접근법은 수변구역의 조건을 평가

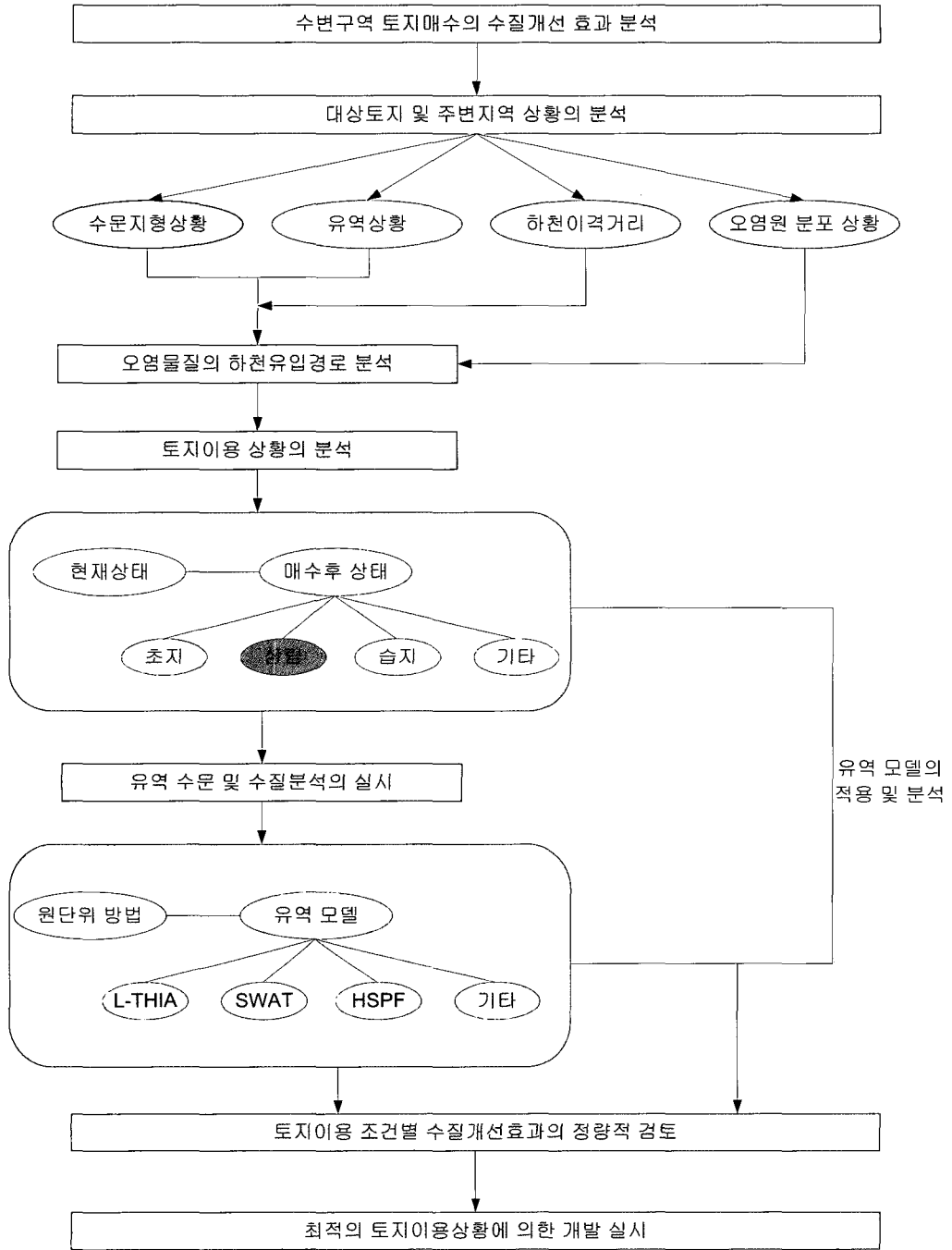


그림 4. 토지매수에 따른 수질개선효과분석 가이드 라인

하는데 있어 상당한 잠재력을 지닌다. 수문지형학은 습지 상태의 평가와 지역적 혹은 유역 단위의 복원노력에 대한 전체적 구상에 있어서 유용한 결과를 제공하고 있다. 현재의 수문지형학적 방법론은 다양한 지역의 수변구역에 대해 직접적으로 사용될 수 있도록 수정되어야 한다. 이는 특히 수변구역의 생태학적 복원을 위한 안내서의 개발을 필요로 할 것이다.

- 아직 수변구역에서 사용되고 있지는 않지만 생물학적 보존 평가가 수변구역의 유형을 포함하여 그것들의 능력을 평가하기 위해 적용되어야 한다. 최근까지, 대부분의 생물학적 평가는 수생태계에 제한적으로 적용되어져 왔지만 수생태계의 생물 보존과 수변식물군락은 수문지형학적인 접근법의 한 성분 또는 독립적으로 이용될 수 있다. 그런 평가는 수문지형학적 평가에서 생물학적 부분을 독립적으로 평가하는데 있어 필요하다.
- 위에서 언급한 모든 방법들은 수변 구역의 다양한 형태를 포함하고, 사용자들의 실험을 실시하여 적절한 연구와 독립적인 검정이 수행되도록 확대되어야 한다. 독립적인 실험과 평가는 모든 평가방법 중에 필수적인 요구사항이다. 이는 정확성과 유용성, 그리고 주어진 지역 내 수변구역의 다양한 형태에 대한 신뢰도 등을 입증하는데 있어 중요한 역할을 한다.
- 수변조건을 평가하는데 사용되는 과학적 기반의 도구와 상관없이 이러한 평가로부터 도출되는 결과는 환경적이고 사회경제적인 쟁점들을 고려하는 정책을 통해서 실행되어야 한다. 의사결정자들은 항상 수변구역에 대한 많은 대안 중에 하나를 선택해야 하는 문제에 직면하게 된다. 만약 수변구역 평가도구의 결과가 이런 대안에 포함되지 못한다면 그 결과는 도움이 되지 못할 것이다. 결론적으로, 정보의 사용자들은 평가가 설명되기 전에 결정을 내려야만 한다.

4. 수변구역 조성시 수질개선효과 분석에 관한 가이드라인

우리나라에서 토지매수에 따른 수변구역을 조성하고자할 때 실제적으로 필요한 수질개선효과 분석을 위한 순서도가 그림 4에 제시되어 있다. 그림에서와 같이 대상 토지 및 주변지역에 대한 수문지형상황, 유역상황, 하천 이격거리, 오염원 분포상황 등에 의해서 오염물질의 유입경로를 파악하고, 현재 및 매수후의 토지이용상황(초지, 삼림, 습지 등)을 분석한다. 유역의 수문 및 수질 분석을 위해서는 원단위 방법을 적용하거나, L-THIA, SWAT, HSPF 등의 모형을 적용한다. 모의 결과를 이용하여 토지이용 조건별 수질개선효과의 정량적인 분석을 실시함으로써 대상지역에 대한 최적의 토지이용계획을 수립하고, 수변구역의 조성에 따른 관리, 평가 및 모니터링을 지속적으로 수행한다.

5. 결론

수변구역 관리대책은 농촌지역, 산림지역, 도시지역 등에서 비점원오염원을 고려할 때 이를 예방하고 경감시킬 수 있는 효과적인 방법이다. 실제적으로 관리대책은 식생관리시스템을 이용하여 습지와 수변구역을 복원하고 보호하여 광범위한 비점오염원으로부터 발생하는 오염을 경감시키는 방향을 제시할 수 있어야 한다. 더욱이 제시되는 관리대책은 습지 등 수변구역 생태계가 제공하는 다양한 기능들을 보호하고, 비점오염원의 경감을 통한 지속적인 수용력을 보존하도록 제안하고 있다. 예를 들어 습지가 비점오염원을 경감하거나 예방할 수 있는 잠재적인 능력이 있더라도, 비점오염원의 저장소로 습지를 남용한다면 때로는 습지와 습지생물군들에게 역효과를 나타낼 수 있다. 본 고에서는 수변구역에 대한 추진방향으로 수

문학 및 지형구조, 산림지역, 숲 및 목초지, 수질보존 및 서식지 그리고 레크레이션 및 교육에 대해서 검토하였고, 우리나라에서 토지매수에 따른 수변구역을 조성하고자 할때 실제적으로 필요한 수질개선효과 분석을 위한 가이드라인을 제시하였다.

☞ 감사의 글

본 연구는 2006년 낙동강 수계관리위원회(낙동강유역환경청)에서 시행한 “토지매수에 따른 수질개선효과 연구”의 일부로서, 연구비 지원에 감사드립니다. 🙏