

# 농촌지역내 친환경적인 댐 조성을 위한 훼손저감기법 적용 연구 - 식물생태계를 중심으로 -

이수동 · 강현경\*

진주산업대학교 조경학과 · \*(주)기술사사무소 L.E.T 부설 에코플랜연구센터

## A Study on Establishment of Mitigation Technique of Deterioration for Environmental-friendly Dam Construction in Rural Area - A focus of the Plant Ecosystem -

Lee, Soo-Dong · Kang, Hyun-Kyung\*

Dept. of Landscape Architecture, Jinju National University

\*Eco-Plan Research Center L.E.T

**ABSTRACT** : Building a dam that is not considering the environmental impact and human social impact can cause the loss of entire ecospheres such as fragmentary green network, disturbance of plants ecosystem, the destruction of social and cultural indigenous resources, therefore, it can occur the environment change and distortion of ecosystem. The purpose of this study is that presenting the methods of ecosystem maintenance and ecosystem damage compensation about for environmentally direct impact i.e. the ecosystem change in the intended place for building a dam. According to the planning progress, the study was proceeded to planning site examine, assessment, conception plan. As the results of examine and assessment, it must be necessary to offered the maintenance and damage compensation if the site where include the 1st degree of biotope area, the 2nd degree of biotope and the 8th degree of green naturality area were damaged by being submerged and constructing road. In addition, according to the conception plan, we suggest the mitigation proposals such as plant communities transplant, planning of connecting green network against for influencing direct impact ecosystem that is destroying plant communities, damaging inhabitants, noise pollution, water pollution, etc.

**Key words** : Dam Construction, Distortion of Ecosystem, Environment Change, Plant Communities Transplant

### 1. 서 론

1960년 이후 급격한 경제성장 과정에서 사회간접자본의 확충을 위해 댐 건설을 포함한 대규모 국토개발이 짧은 시간에 이루어져 환경에 대한 고려는 거의 없었으며 대부분의 국책사업이 경제논리에 의해 합리화되어 왔던 것이 사실이다(원희영, 2000). 따라서 전국 곳곳에서 건설되는 대규모 댐은 국토를 파괴하기 때문에 삶의 질을 뒷받침하는 환경의 질은 갈수록 악화되어가고 있다(홍성태, 2007). 자연·인문환경을 파괴하는 문제를 해결하기

위한 방향으로 박승준 등(2003)은 건설 전에 사회적, 경제적, 환경적 영향 등을 고려한 종합적인 평가로 계획중인 댐의 성과를 측정하고 그 결과에 따라 건설여부를 결정해야 함을 강조하였다. 즉, 지속가능성을 담보하기 위한 구체적인 지침과 실행 방법이 제시되어야 한다고 하였다(Harding, 2006).

점차 우리나라도 환경생태계 파괴와 변화에 따른 집중강우, 물부족 등이 심각해지면서 자연과 인간의 조화로운 공생, 수자원의 확보를 위해서는 다목적 댐의 필요성이 지속적으로 제기되고 있다(강중수와 이규환, 1998).

한편, 댐 건설에 따른 환경에 대한 영향으로는 안개일수 및 상대습도 증가에 따른 국지기상 변화, 하천 유하 차단 및 댐내 오염물질 퇴적, 서식환경 변화, 동물 및 어

Corresponding author: Kang, Hyun-Kyung  
Tel: 031-383-2166  
E-mail: hkkang109@hanmail.net

류 이동로 차단, 자연환경의 수몰 등으로 예측하고 있다 (반양진, 2003). 댐건설이 주변 식생에 미칠 영향에 관한 연구에서 정연숙(1998)은 공사시와 공사후의 기후변화에 의한 영향으로 구분하였으며 건설 이후 식물상을 연구한 결과 분포가 확대된 식물은 귀화식물을 비롯한 초본성 선구군락의 구성종들이 대부분이고 소멸 혹은 감소한 종은 양치식물과 하상 및 하변 식물군락의 구성종을 밝힌바 있다(송중석과 김현규, 1993). 댐건설에 의한 식생 변화의 요인은 영구구조물의 건설, 수몰 등에 의한 입지의 소실, 심토가 나출된 토지의 조성, 삼림의 벌채로 인한 표토 유실로 식생의 회복이 어렵게 되며 삼림환경에 서식하는 곤충, 동물, 미생물상의 변화도 초래한다는 사실이 밝혀진 바 있다(梅原, 1988; 송중석, 1992). 댐 건설 공사는 공사전 분포하던 잘 발달된 삼림 의존종군이나 계곡변의 특징적인 군락을 수몰이나 입지의 파괴로 소멸 시키기도 하고, 대폭적인 감소를 가져오는 등 식생의 변화 뿐만 아니라 댐 조성에 의한 환경 영향은 건설전, 건설중, 건설후로 구분해 볼 수 있으나 생태계 소실과 새로운 환경의 조성이 가장 큰 문제점이므로 영향 저감은 전과정에 걸쳐 이루어져야 하며 자연환경, 인문환경, 경관이 고려되는 대체계획이 이루어져야 할 것이다.

댐 건설로 인해 나타날 수 있는 악영향을 완화하기 위한 연구에서는 생태계 보전과 복원, 새로운 생태계 조성, 친수환경 및 위락, 경관 및 역사문화 등이 친환경요소로 도출되었고 생태계 보전이 최선이지만 훼손과 소멸이 수반될시, 대안생태계 창출 또는 생태적 환경 재조성 등은 필수적이라고 하였다(구본학, 2004). 서진원과 김희성(2009)은 댐건설로 인한 영향을 최소화하기 위해서는 보전, 복원 개념을 적용하여 영향을 저감하고 생물다양성을 증진시키고자 하는 노력과 더불어 대체 생물서식처 조성이 필요하다고 하였다. 또한 환경친화적인 댐을 건설하기 위해서는 기본설계, 실시설계, 유지관리 등 전 과정에서 환경친화적인 기법을 도입하고 자원활용의 극대화 등 지역의 특수성을 고려한 계획을 수립해야 한다고 하였다(반양진, 2003). 기존 개발계획에 대한 유역권 뿐만 아니라 자연생태계 훼손을 막고 과도한 이용제한을 위하여 최소한의 안전장치인 사전환경성 검토, 환경영향평가 등의 협의제도는 강제성이 없어 실효성에 한계가 있으며 제도적 운영상의 문제, 구체적인 보전 및 복원방법의 부재 등으로 인한 한계가 있다는 지적이 있다. 최송현(2005)은 환경영향평가의 생태계 복원 중 식물생태계 평가의 조사항목은 식물상, 종의분포구조, 특징적인 희귀식물 및 군락지, 현존식생, 녹지자연도 등으로 구분되나 포괄적인 평가에 그치고 있어 녹지의 질적 평가를 위한 보전지역의 설정방법의 도입, 평가기준의 지속적

개발 등의 평가기법 연구의 필요성을 강조하였다. 즉, 기존연구에서 제시한 바와 같이 개발사업에 따른 지역적 표준화가 가능한 평가항목 및 기준의 정립이 모호한 현실에서 본 연구는 댐 건설예정지 유역권 중 직접적인 영향을 미치는 농촌지역내 식물생태계를 대상으로 현황을 파악하고 향후, 생태계 유지 및 훼손저감계획을 제안하였다.

## II. 연구내용 및 방법

### 1. 연구대상지 개황

연구대상지가 위치한 김천은 충청북도 영동군, 전라북도 무주군과 접경을 이루고 있으며 남쪽으로 경상남도 거창군, 동쪽으로 칠곡군, 성주군, 구미시와 경계를 이루고 있다. 경부선 철도와 경부고속도로가 남북으로 관통하고, 국도 3, 4, 30호선이 동서남북으로 교차하는 대구와 대전의 중간 지점으로 동경 127°와 북위 35°에 자리하고 있다. 주변으로 황악산(1,111m), 삼도봉(1,176m), 대덕산(1,291m), 수도산(1,327m)이 병풍처럼 둘러싸고 있으며 김천 양안으로 경작지가 선형으로 분포하고 있다.

유역권은 1930~60년대에 댐건설과 수자원 관리를 위한 이론적 개념으로(Molle, 2009), 우리나라에서는 백두대간 개념이 태동된 고려초기인 10세기 초반에 형성된 것으로 추정되나 18세기 말 우리나라 산줄기를 계통화한 것으로 관리범위를 수계와 유역의 개념에서 접근할 필요성이 있다는 점에 착안한 것이다(양보경, 1997). 따라서 본 연구에서는 직접 영향을 미치는 수변 주변의 유역권을 대상으로 식물생태계 유지 및 훼손 보상방안을 제안하였다.

### 2. 연구내용 및 방법

본 연구는 농촌지역내 댐 개발에 따른 친환경적인 계획을 유도하기 위하여 계획역전 조사·분석, 평가, 계획구상의 3단계로 구분하였다.

계획역전 조사·분석에서 자연환경은 기후 및 기상상황, 지형특성, 수계현황을 1/5,000의 수치지도를 활용하였으며 Arc-View 3.2 프로그램(ESRI, 1992)에 의해 경사도, 해발고를 분석하였다. 식물생태는 생태적 질 및 잠재성을 평가하고 환경친화적인 계획을 위한 방향을 설정하고자 식생이 분포하지 않는 지역은 토지이용 유형을, 식생이 분포하는 지역은 교목층 우점종의 식생상관(vegetational physiognomy)에 의하여 현존식생 및 토지이용 유형을 구분하고 1/5,000 축척의 수치지도에 도면화

하였다. 산림내 대표 유형의 식생현황을 파악하기 위하여 방형구법(Quadrat Method)에 의해 10m×10m(100m<sup>2</sup>) 목본조사구 25개소를 설정하여 각 조사구에 출현하는 흉고 직경 2cm 이상인 교목층과 아교목층, 그 이하인 관목층에 출현하는 종의 규격 및 개체수를 산정하였다. 비오통 유형은 현존식생과 토지이용 현황을 바탕으로 생물서식 가능성에 의해 대분류하였고 우점종의 자생성과 생육지 특성, 식재여부, 우점종의 성상에 따라 세분하였다(이수동과 강현경, 2008). 표토이용을 제안하기 위해 토양단면 구조 및 층위별 깊이를 측정하였다. 수령분석은 직경 5 mm 성장추를 이용하여 가슴높이에서 직각방향으로 반지

름 만큼 채취하였으며 온대성 기후에서 5~10년을 더해야 하는 것으로 연구된 바 있어 분석시 고려하였다(Worbes 등, 2003). 평가에서 녹지자연도는 현존식생도, 성장상태, 수령분석 결과를 바탕으로 등급이 산정되거나 중요성이 높을 수 있는 2~7등급이 저평가되는 경우가 많으므로(조우, 2003) 녹지자연도와 병행하여 비오통 유형 평가를 실시하였다. 식물생태계를 중심으로 하는 비오통 평가는 Ractliffe(1971), Wittig 과 Schreiber(1983), 최송현(1996), 권전오(2003), 이경재 등(2004), 이수동과 강현경(2008) 등에 의해 정량적 평가가 시도되어 이를 종합한 결과 자연성은 우점종의 자연적인 발생여부를

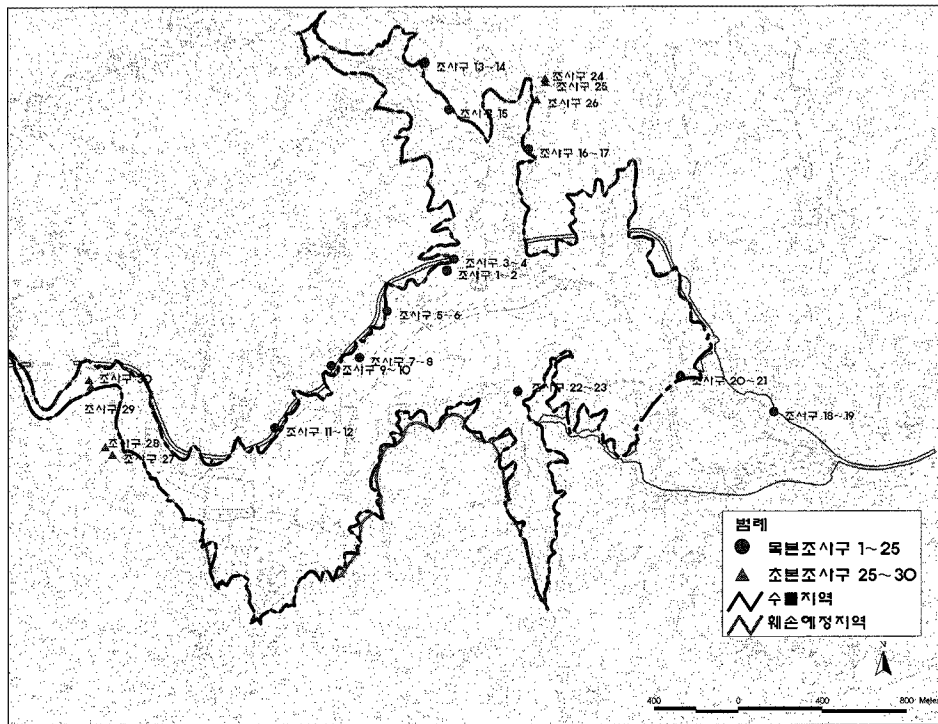


Figure 1 연구대상지 및 군집구조 조사구 위치도.

Table 1 연구내용 및 수행체계

| 단계  | 연구항목         |            | 세부 연구내용  |
|-----|--------------|------------|--|
| 1단계 | 계획여건<br>조사분석 | 환경요인       | ■ 지형: 표고, 경사, 향분석, 수계 현황   |
|     |              | 식물생태       | ■ 현존식생 및 토지이용, 비오통유형화<br>■ 식물군집구조: 목본식물군집구조                                    |
|     |              | 토양환경       | ■ 토양단면구조, 토양층위별 깊이 조사, 이화학적 특성   |
| 2단계 | 평가           | 녹지자연도      | ■ 녹지의 자연성 평가(환경부-녹지자연도, 생태자연도 자료활용)  |
|     |              | 비오통유형 평가   | ■ 비오통유형별 자연성, 다양성, 안정성, 잠재성 평가   |
| 3단계 | 계획구상         | 자연생태계 훼손보상 | ■ 토지이용계획과 환경생태계획의 조정에 따른 이식계획 수립<br>· 이식대상지 선정, 식생군락 이식유형 및 이식량 산정<br>· 표토활용계획 |

(Kirby, 1986), 다양성은 층위구조 형성여부를(Helliwell, 1969), 희귀성은 희소식생비율을(Jefferson과 Usher, 1986), 잠재성은 천이발달 가능성(김중원, 2004)을 평가지표로 5개 등급으로 분류하였다. 식생현황과 평가자료를 바탕으로 식물군락 소실에 따른 식생군락이식, 표트활용 등의 훼손보상계획을 제안하였다.

### III. 결론 및 고찰

#### 1. 자연환경

##### 1) 지형특성

지형구조를 살펴보면 유역권내에서 해발고는 150~250m(65.91%)가 가장 넓었으며, 해발고 250~350m는 25.76%, 해발고 150m이하의 저지대는 4.93%를, 산 능선부를 포함한 해발고 350m이상은 3.4%를 나타내었다. 경사도는 20~30°의 급경사지가 전체 면적의 27.95%로 가장 넓었고 경사도 30°이상의 험준지는 25.54%를 나타내었다. 훼손지내에서는 경사도 5°이하와 경사도 5~15°지역이 각각 52.80%, 20.92%로서 평지 및 완경사지의 면적이 높았으며 대부분 논과 밭, 시설경작지 등이 분포하였다. 향은 동향이 14.16%로 가장 넓었으며 평지, 남동향, 북동향, 북서향, 북향이 10.51%~12.69%로 고루 분포하였으며 남향, 남서향, 서향이 8.52~9.81%로 협소하였다. 하천을 중심으로 산림이 주변을 둘러싸고 있어 수몰시 농경지와 산림의 훼손이 예상되므로 이에 대한 대책이 필요하였다.

#### 2) 수계구조

수계현황을 살펴보면(Figure 2) 부향천은 폭 7~50m로 양서류, 어류, 수서생물의 이동통로 및 서식·산란처로 기능하였고 수변에는 버드나무, 달뿌리풀이 우점하였다. 호안은 정비되었으나 일부 구간에서 산림과 연결되어 어류, 양서·파충류, 포유류 서식·산란처 활용가능성이 높았다.

산지형 수로는 수면 폭(0.5m, 0.5~1m, 1m)에 따라 세분하였으나 대부분 자연 호안으로 유역권내에서 산림과 하천을 연결하는 이동통로, 양서류의 산란처 역할을 수행하였으며 농경지와 인접하여 고마리가 우점종이었다. 하천 주변의 농수로로는 콘크리트에 의해 정비되어 물이 흐르는 시기를 제외하면 생물서식 가능성은 없었다. 습지는 계곡부에 분포하는 묵논형 습지가 대부분이었고 천이진행도에 따라서 버드나무 우점지역과 천이 초기단계인 갈대 및 풀밭, 부들 우점지역으로 구분되었다. 산지형 및 계곡형 하천, 습지는 양서·파충류의 산란, 이동통로로 활용될 가능성이 높은 지역으로 훼손시 대체 서식 습지 또는 수로를 조성하여야 할 것이다.

#### 2. 식물생태

##### 1) 현존식생

Table 2, Figure 3은 현존식생유형으로 유역권에서는 소나무림, 일본잎갈나무림 등 총 33개 유형으로 구분되었다. 자연식생으로는 산림 능선부를 중심으로 소나무림이 14.60%, 저지대의 상수리나무림이 7.18%이었으며 부

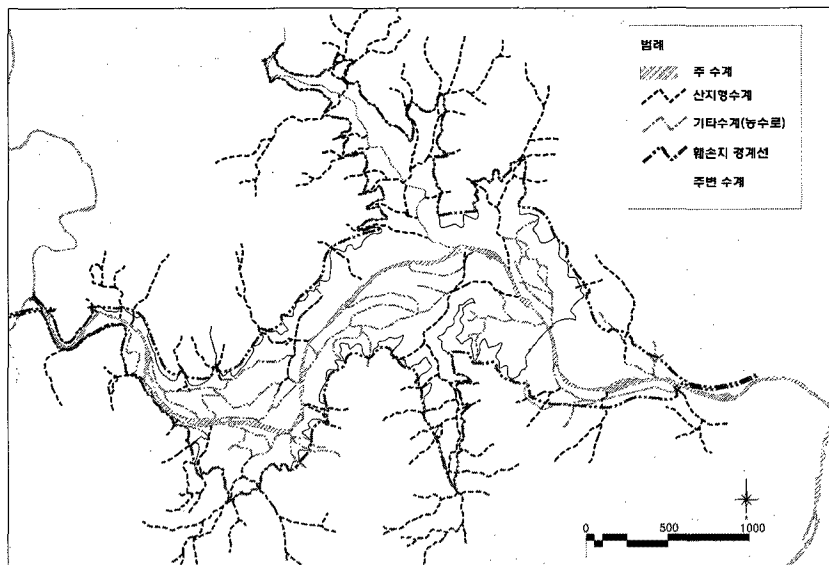


Figure 2 유역권 및 훼손예정지의 수계현황도.

Table 2 유역권 및 훼손예정지의 현존식생 유형별 면적 및 비율

| 현존식생 유형          | 유역권                 |           | 훼손지                 |         |      |
|------------------|---------------------|-----------|---------------------|---------|------|
|                  | 면적(m <sup>2</sup> ) | 비율(%)     | 면적(m <sup>2</sup> ) | 비율(%)   |      |
| 1. 소나무림          | 1-1. 소나무림           | 1,349,721 | 14.60               | 77,327  | 2.60 |
|                  | 1-2. 소나무-인공림        | 25,293    | 0.27                | -       | -    |
|                  | 1-3. 소나무-상수리나무림     | 47,299    | 0.51                | 10,612  | 0.36 |
| 2. 갈참나무림         | 2-1. 갈참나무림          | 5,213     | 0.06                | 1,521   | 0.05 |
|                  | 2-2. 갈참나무-상수리나무림    | 5,140     | 0.06                | 1,373   | 0.05 |
| 3. 상수리나무림        | 3-1. 상수리나무림         | 662,925   | 7.18                | 186,083 | 6.26 |
|                  | 3-2. 상수리나무-소나무림     | 114,189   | 1.24                | 13,569  | 0.46 |
|                  | 3-3. 상수리나무-참나무림     | 48,714    | 0.53                | 9,604   | 0.32 |
|                  | 3-4. 상수리나무-인공림      | 77,911    | 0.84                | 23,292  | 0.78 |
| 4. 굴참나무림         | 4-1. 굴참나무림          | 45,349    | 0.49                | 378     | 0.01 |
|                  | 4-2. 굴참나무-상수리나무림    | 2,638     | 0.03                | -       | -    |
| 5. 졸참나무림         | 5-1. 졸참나무림          | 93,820    | 1.02                | 5,295   | 0.18 |
|                  | 5-2. 졸참나무-상수리나무림    | 82,394    | 0.89                | 5,483   | 0.18 |
|                  | 5-3. 졸참나무-갈참나무림     | 4,475     | 0.05                | -       | -    |
| 6. 신갈나무림         | 26,235              | 0.28      | -                   | -       |      |
| 7. 참나무류유령림       | 6,331               | 0.07      | 1,262               | 0.04    |      |
| 8. 너티나무림         | 309                 | 0.00      | 314                 | 0.01    |      |
| 9. 리기다소나무림       | 9-1. 리기다소나무림        | 670,190   | 7.26                | 40,787  | 1.37 |
|                  | 9-2. 리기다소나무-상수리나무림  | 14,769    | 0.16                | 1,550   | 0.05 |
| 10. 잣나무림         | 3,274               | 0.04      | 959                 | 0.03    |      |
| 11. 일본잎갈나무림      | 11-1. 일본잎갈나무림       | 2,076,403 | 22.48               | 126,568 | 4.26 |
|                  | 11-2. 일본잎갈나무-상수리나무림 | 50,175    | 0.54                | 7,012   | 0.24 |
| 12. 밤나무림         | 12-1. 밤나무림          | 51,158    | 0.55                | 11,063  | 0.37 |
|                  | 12-2. 밤나무-상수리나무림    | 2,402     | 0.03                | 1,163   | 0.04 |
| 13. 아까시나무림       | 23,244              | 0.25      | 10,814              | 0.36    |      |
| 14. 현사시나무림       | 7,795               | 0.08      | 1,962               | 0.07    |      |
| 15. 기타 인공림       | 15-1. 대나무림          | 35,690    | 0.39                | 27,748  | 0.93 |
|                  | 15-2. 뽕나무림          | 2,510     | 0.03                | -       | -    |
|                  | 15-3. 가중나무림         | 1,848     | 0.02                | 1,868   | 0.06 |
|                  | 15-4. 닥나무림          | 819       | 0.01                | -       | -    |
| 16. 관목식생지        | 85,062              | 0.92      | 34,675              | 1.17    |      |
| 17. 습윤지성 목본식생지   | 41,875              | 0.45      | 1,255               | 0.04    |      |
| 18. 습윤지성 자생초본식생지 | 43,554              | 0.47      | 5,102               | 0.17    |      |
| 19. 건조지성 자생초본식생지 | 60,671              | 0.66      | 16,495              | 0.56    |      |
| 20. 외래종 초본식생지    | 33,836              | 0.37      | 14,492              | 0.49    |      |
| 21. 묘지(잔디식재지)    | 144,368             | 1.56      | 53,677              | 1.81    |      |
| 22. 조경수목식재지      | 13,791              | 0.15      | 12,332              | 0.42    |      |
| 23. 과수원          | 269,021             | 2.91      | 231,178             | 7.78    |      |
| 24. 묘포장          | 340,091             | 3.68      | 289,163             | 9.73    |      |
| 25. 논            | 988,257             | 10.70     | 631,918             | 21.27   |      |
| 26. 밭            | 808,325             | 8.75      | 441,879             | 14.88   |      |
| 27. 휴경지          | 152,857             | 1.66      | 118,237             | 3.98    |      |
| 28. 시설경작지        | 15,380              | 0.17      | 11,317              | 0.38    |      |
| 29. 암반노출지        | 22,707              | 0.25      | 3,597               | 0.12    |      |
| 30. 수면           | 307,306             | 3.33      | 271,227             | 9.13    |      |
| 31. 나지           | 85,861              | 0.93      | 2,406               | 0.08    |      |
| 32. 도로           | 73,422              | 0.79      | 69,265              | 2.34    |      |
| 33. 도시화지역        | 211,288             | 2.29      | 194,545             | 6.57    |      |
| 합 계              | 9,235,905           | 100.00    | 2,970,367           | 100.00  |      |

분적으로 소나무 및 상수리나무가 혼재되어 나타났다. 인공식생으로는 하천주변과 경작지 주변에 대면적으로 분포하는 일본잎갈나무림이 22.48%를 나타내었으며 부분적으로 산림의 능선부에 리기다소나무림(7.26%)의 면적이 넓었다. 부향천을 따라 논(10.70%), 밭(8.75%) 등의 경작지가 분포하였으며 자생 목본·초본식생지 및 외래종 초본식생지, 관목식생지가 0.37~0.92%이었다. 그 외 도시화지역(2.29%)을 중심으로 조경수목식재지, 묘지, 과수원, 묘포장 등이 0.15~3.68%로 소규모로 분포하였

다. 훼손지역 내부는 27개 유형으로, 자연식생은 산림 능선부에 소나무림(2.60%), 소나무-상수리나무림(0.36%)이 소규모 면적으로, 저지대에 상수리나무림(6.26%)이 비교적 넓게 분포하였다. 인공식생 유형으로는 일본잎갈나무림(4.26%)과 리기다소나무림(1.37%)이, 동서로 긴 선형의 하천(9.13%)을 따라 논(21.27%)과 밭(14.88%)이 넓게 분포하였고 산림과 논사이에 패치형태로 도시화지역(6.57%)이 산재해 있었다. 댐건설로 인해 유역권내 하천과 주변 농경지 뿐만 아니라 산림까지 훼손되는 것으로

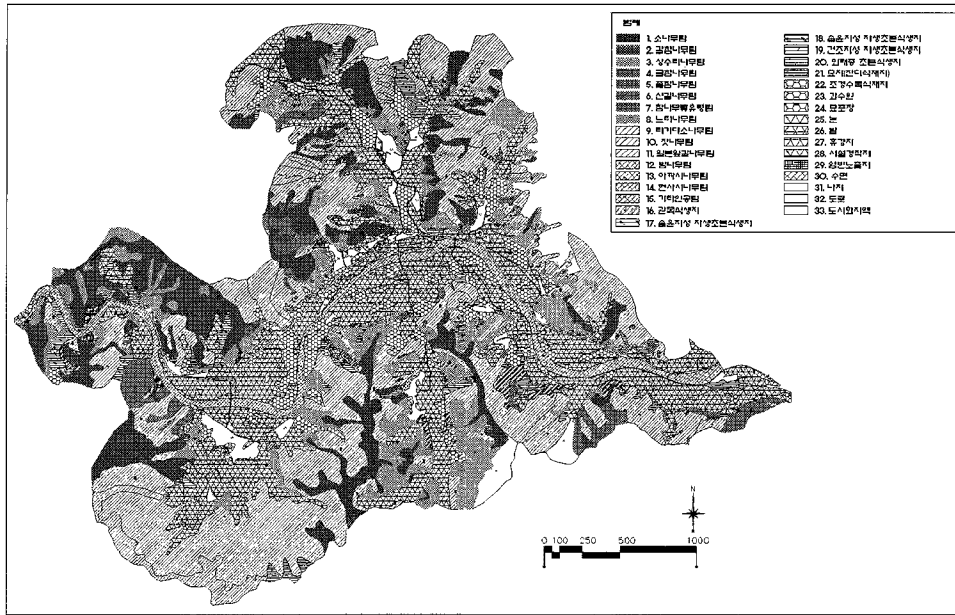


Figure 3 유역권 및 훼손예정지의 현존식생도.

분석되었다. 결국 피해를 최소화하기 위해서는 자연훼손 최소화와 더불어 현실적으로 훼손될 수 밖에 없는 자원 활용의 효율성을 최대한 높이는 것이 필요하다는 분석에 따라(강중수와 이규환, 1998) 수몰지역의 자원 활용방안을 제안하였다.

2) 식물군집구조

댐 건설에 따른 친환경 계획기법에 있어 자원재활용에 중점을 둔 기존 연구결과에 따라(구분학, 2004; 강중수와 이규환, 1998; 반양진, 2003) 훼손지역의 이식수목량 산정시 근거자료로 활용하기 위하여 현존식생유형을 바탕으로 대표되는 자연림인 소나무림과 상수리나무림, 인공림인 일본잎갈나무림을 방형구법으로 조사하였다. 100㎡당 종수 및 개체수별 현황을 살펴보면 교목층에서 소나무군집은 1~2종, 5~22개체, 상수리나무군집 1~3종, 5~13개체, 일본잎갈나무림 1~3종, 6~10개체로서 1종에 의해 우점하는 경향이 높았다. 아교목층에서는 소나무군집은 2~6종, 3~28개체, 상수리나무군집 0~5종,

0~14개체, 일본잎갈나무림 5~7종, 8~17개체로 상수리나무군집은 일부 인위적 영향으로 인해 아교목층이 형성되지 않은 단층구조이었으나 인공림인 일본잎갈나무림에서는 외래종인 일본잎갈나무, 잣나무를 포함하여 비교적 다양한 종이 출현하였다. 관목층은 소나무군집 3~10종, 48~240개체, 상수리나무군집 3~11종, 44~96개체, 일본잎갈나무군집 4~8종, 56~212개체로 상수리나무군집에서 출현빈도 차이가 심한 경향이였다. 토지에 가해진 인위적 영향의 정도와 수령에 따라 녹지자연도가 판정되므로(손부순 등, 2005) 현존식생유형별 주요 우점종의 표본목을 분석하였다. 소나무림에서는 수고 9~11(평균 10.4)m, 흉고직경 14~31(평균 20.4)cm인 표본목 7주를 분석한 결과 수령은 28~48(평균 40)년이였다. 저지대에 분포하고 있는 상수리나무림내 수고 8.5~15(평균 12.5)m, 흉고직경 11~25(평균 17.7)cm인 표본목 3주의 수령은 21~34(평균 27.3)년이였으며 상수리나무림내 굴참나무(수고: 14m, 흉고직경: 17cm)는 29년이였다. 저지대 주택지 및 경작지 주변에 조림된 일본잎갈나무(수고:

Table 3 유역권 및 훼손예정지의 조사구별 종수 및 개체수

(단위면적: 100㎡)

| 군집명    | 교목층    |          | 아교목층   |          | 관목층     |             | 총종수      | 총개체수        |
|--------|--------|----------|--------|----------|---------|-------------|----------|-------------|
|        | 종수     | 개체수      | 종수     | 개체수      | 종수      | 개체수         |          |             |
| 소나무    | 1(1~2) | 12(5~22) | 3(2~6) | 9(3~28)  | 6(3~10) | 102(48~240) | 8(4~13)  | 123(73~249) |
| 상수리나무  | 1(1~3) | 7(5~13)  | 3(0~5) | 6(0~14)  | 6(3~11) | 65(44~96)   | 8(4~14)  | 79(58~115)  |
| 일본잎갈나무 | 2(1~3) | 8(6~10)  | 6(5~7) | 11(8~17) | 6(4~8)  | 116(56~212) | 11(8~14) | 135(72~237) |

Table 4 유역권 및 훼손예정지 전체지역 비오톱 유형별 면적 및 비율

| 대분류     | 소분류 비오톱 유형 |                                      | 유역권                 |        | 훼손지                 |        |
|---------|------------|--------------------------------------|---------------------|--------|---------------------|--------|
|         |            |                                      | 면적(m <sup>2</sup> ) | 비율(%)  | 면적(m <sup>2</sup> ) | 비율(%)  |
| 산림비오톱   | F1         | 층위구조 형성된 소경목 상록침엽수 자연림(DBH<15cm)     | 21,718              | 0.24   | 1,108               | 0.04   |
|         | F2         | 층위구조 형성된 중경목 상록침엽수 자연림(DBH≥15cm)     | 333,377             | 3.61   | 36,253              | 1.22   |
|         | F3         | 층위구조 발달단계의 소경목 상록침엽수 자연림(DBH<15cm)   | 534,169             | 5.78   | 16,236              | 0.55   |
|         | F4         | 층위구조 발달단계의 중경목 상록침엽수 자연림(DBH≥15cm)   | 190,629             | 2.06   | 30,553              | 1.03   |
|         | F5         | 층위구조 형성되지 않은 소경목 상록침엽수 자연림(DBH<15cm) | 207,169             | 2.24   | 1,448               | 0.05   |
|         | F6         | 층위구조 형성되지 않은 중경목 상록침엽수 자연림(DBH≥15cm) | 109,960             | 1.19   | 2,339               | 0.08   |
|         | F7         | 층위구조 형성된 소경목 낙엽활엽수 자연림(DBH<15cm)     | 65,866              | 0.71   | 208                 | 0.01   |
|         | F8         | 층위구조 형성된 중경목 낙엽활엽수 자연림(DBH≥15cm)     | 152,266             | 1.65   | 45,037              | 1.52   |
|         | F9         | 층위구조 발달단계의 소경목 낙엽활엽수 자연림(DBH<15cm)   | 578,000             | 6.26   | 50,931              | 1.71   |
|         | F10        | 층위구조 발달단계의 중경목 낙엽활엽수 자연림(DBH≥15cm)   | 123,934             | 1.34   | 46,053              | 1.55   |
|         | F11        | 층위구조 형성되지 않은 소경목 낙엽활엽수 자연림(DBH<15cm) | 48,498              | 0.53   | 7,301               | 0.25   |
|         | F12        | 층위구조 형성되지 않은 중경목 낙엽활엽수 자연림(DBH≥15cm) | 129,168             | 1.40   | 75,353              | 2.54   |
|         | F13        | 층위구조 형성된 교란된 자연림                     | 5,192               | 0.06   | 2,356               | 0.08   |
|         | F14        | 층위구조 발달단계의 교란된 자연림                   | 91,518              | 0.99   | 20,936              | 0.70   |
|         | F15        | 층위구조 형성되지 않은 교란된 자연림                 | 6,493               | 0.07   | -                   | -      |
|         | F16        | 층위구조 형성된 인공림                         | 483,891             | 5.24   | 63,518              | 2.14   |
|         | F17        | 층위구조 발달단계의 인공림                       | 1,155,312           | 12.51  | 97,840              | 3.29   |
|         | F18        | 층위구조 형성되지 않은 인공림                     | 1,237,848           | 13.40  | 60,411              | 2.03   |
|         | F19        | 층위구조 형성된 천이가 진행중인 인공림                | 17,084              | 0.18   | 5,150               | 0.17   |
|         | F20        | 층위구조 발달단계의 천이가 진행중인 인공림              | 46,143              | 0.50   | 4,575               | 0.15   |
|         | F21        | 자생종 관목식생지                            | 67,984              | 0.74   | 30,354              | 1.02   |
|         | F22        | 외래종 관목식생지                            | 17,078              | 0.18   | 4,322               | 0.15   |
|         | F23        | 암석노출지                                | 22,707              | 0.25   | 3,597               | 0.12   |
| 하천비오톱   | R1         | 자연형 하상의 하천                           | 301,789             | 3.27   | 265,613             | 8.94   |
| 습지비오톱   | W1         | 목본식생이 우점하는 습지                        | 41,875              | 0.45   | 1,255               | 0.04   |
|         | W2         | 초본식생이 우점하는 습지                        | 12,804              | 0.14   | 2,721               | 0.09   |
|         | W3         | 식생이 없는 물웅덩이                          | 5,516               | 0.06   | 5,614               | 0.19   |
| 초지비오톱   | S1         | 습윤지성 자생초본식생지                         | 30,750              | 0.33   | 2,381               | 0.08   |
|         | S2         | 건조지성 자생 초본식생지                        | 60,671              | 0.66   | 16,495              | 0.56   |
|         | S3         | 관리형 초본식생지(표지)                        | 144,368             | 1.56   | 53,677              | 1.81   |
|         | S4         | 귀화종 초본식생지                            | 33,836              | 0.37   | 14,492              | 0.49   |
| 경작지비오톱  | A1         | 습윤지성 경작지                             | 988,257             | 10.70  | 631,918             | 21.27  |
|         | A2         | 건조지성 경작지                             | 808,325             | 8.75   | 441,879             | 14.88  |
|         | A3         | 휴경지                                  | 152,857             | 1.66   | 118,237             | 3.98   |
|         | A4         | 시설물 설치 경작지                           | 15,380              | 0.17   | 11,317              | 0.38   |
| 조경녹지비오톱 | L1         | 집약적으로 관리되는 수목식재지                     | 622,902             | 6.74   | 532,673             | 17.93  |
| 도시비오톱   | U1         | 투수성 재료에 의한 피복지                       | 85,861              | 0.93   | 2,406               | 0.08   |
|         | U2         | 불투수성 재료에 의한 피복지                      | 284,710             | 3.08   | 263,810             | 8.88   |
| 합 계     |            |                                      | 9,235,905           | 100.00 | 2,970,367           | 100.00 |

20m, 흉고직경: 24cm)의 수령은 34년이였다. 소나무와 상수리나무 등은 평균 수령 30년 이상의 양호한 자연림으로 보전가치가 있었으며 일본잎갈나무 등 인공림은 개발 가능한 등급 6에 해당되었으나 산림저지대 등 주변부에 분포하여 하층식생의 다양성이 높을 뿐만 아니라 완충 역할을 수행하고 있었다.

### 3) 비오톱 유형화 및 평가

생태적 특성을 파악하고자 훼손여부 및 고유의 생물 다양성을 바탕으로 대분류한 결과 산림지비오톱, 습지비오톱, 초지비오톱, 경작지비오톱, 도시비오톱 등 7개 유형으로 구분하였고 평가를 위해 자생성, 층위구조 형성여부, 천이진행 정도에 따라 세분류하였다.

산림비오톱은 자생성, 층위구조 형성 여부, 하천비오톱은 호안정비여부, 습지 및 초지비오톱은 자생성 및 천이진행여부, 경작지비오톱은 경작여부, 조경녹지비오톱은 관리 및 식재수종의 자생성, 도시비오톱은 투수성 여부에 따라 분류한 결과 총 38개 유형이었다. 산림비오톱에서는 층위구조가 형성되지 않은 인공림이 13.40%로 가장 넓었으며 층위구조 발달단계에 있는 인공림(12.51%), 층위구조가 발달단계에 있는 소경목 낙엽활엽수 자연림(6.26%), 층위구조가 발달단계에 있는 소경목 상록침엽수 자연림(5.78%)이 대표 유형이었다. 경작지비오톱은 습윤지성 경작지(10.70%)와 건조지성 경작지(8.75%)가 넓었으며 조경녹지비오톱은 집약적으로 관리되는 수목식재지(6.74%), 중앙을 관통하는 하천비오톱(3.27%) 등이 주요 유형이었고 도시화비오톱은 투수성 재료에 의한 피복지(0.93%), 불투수성 재료에 의한 피복지(3.08%)로 구분되었다.

수몰로 인한 훼손지는 총 37개 유형으로 구분되었으며 하천변 및 산림내 계단형으로 분포하는 경작지비오톱(40.51%)이 가장 넓었고 산림비오톱은 20.4%를 나타내었

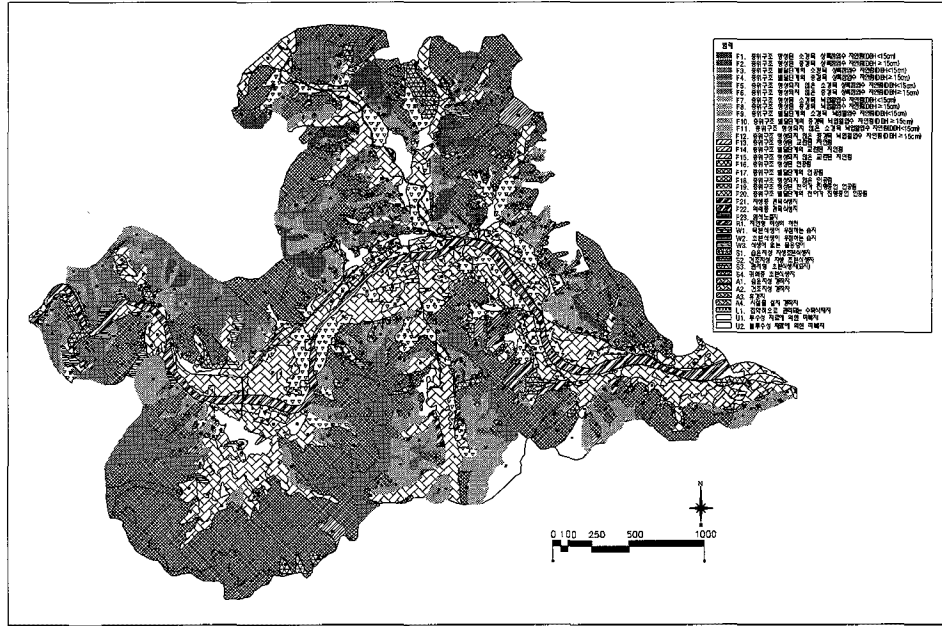


Figure 4 유역권 및 훼손예정지의 비오톱유형도.

다. 세부적으로 경작지비오톱은 습윤지성 경작지 21.27%, 건조지성 경작지가 14.88%로 넓은 면적이었고 조경녹지비오톱은 집약적으로 관리되는 수목식재지가 17.93%로 묘포장 등이 넓게 분포하였다. 자연하상의 하천비오톱은 8.94%, 도시비오톱으로 투수성 재료에 의한 피복지(0.08%), 불투수성 재료에 의한 피복지(8.88%)로 구분되었다. 그 외 산림비오톱에서는 층위구조 발달단계의 인공림이 3.29%, 층위구조 형성된 인공림이 2.14%, 층위구조 형성되지 않은 인공림이 2.03%로 산림 저지대의 일본잎갈나무림과 같은 인공식재 유형이 주로 나타났으며, 자연식생 유형에서는 층위구조 형성되지 않은 중경목 낙엽활엽수 자연림(2.54%), 층위구조 발달단계의 소경목 낙엽활엽수 자연림(1.71%), 층위구조 발달단계의 중경목 낙엽활엽수 자연림(1.55%)이 주요 유형이었다.

현존식생 및 토지이용 자료를 바탕으로 비오톱 유형을 분류하고 생태계의 기반에 해당되는 생산자를 우선으로 평가하고 종합분석하였다. 평가결과, 절대보전지역

(1등급) 2.91%로 대부분의 자연림과 자연성이 양호한 습지비오톱이 포함되었다. 보전지역(2등급)은 산림비오톱 중 층위구조 형성이 미흡한 지역과 층위구조가 형성된 인공림 및 자생종 관목식생지, 습윤지성 자생 초본식생지로 17.28%를 나타내었다. 잠재지역(3등급)은 층위구조가 형성되지 않은 자연림, 층위구조 발달단계의 인공림 등으로 야생동물의 서식가능성이 있는 지역(7.74%)이 분포하였으며 비오톱 유지지역(4등급) 및 발전지역(5등급)은 인위적인 영향을 받아 가치가 낮게 평가된 곳으로 각각 27.62%, 44.45%를 차지하였다.

4) 녹지자연도

녹지자연도 등급을 살펴보면 유역권내에서는 인위적으로 식재한 조림지인 등급 6이 31.18%로 가장 넓었으며, 경작지인 등급 2(21.19%), 수령 20년 이상의 자연림인 이차림(B)으로 등급 8(21.03%)이 주로 분포하였다.

Table 5 유역권 및 훼손예정지의 비오톱 유형 평가별 면적 및 비율

| 평가              | 유역권                 |        | 훼손지                 |        |
|-----------------|---------------------|--------|---------------------|--------|
|                 | 면적(m <sup>2</sup> ) | 비율(%)  | 면적(m <sup>2</sup> ) | 비율(%)  |
| 등급 1 : 절대보전지역   | 648,357             | 6.81   | 86,582              | 2.91   |
| 등급 2 : 보전지역     | 2,409,405           | 25.26  | 513,144             | 17.28  |
| 등급 3 : 잠재지역     | 1,932,077           | 20.26  | 229,884             | 7.74   |
| 등급 4 : 비오톱 유지지역 | 2,486,465           | 26.07  | 820,502             | 27.62  |
| 등급 5 : 비오톱 발전지역 | 2,060,031           | 21.60  | 1,320,255           | 44.45  |
| 합 계             | 9,235,905           | 100.00 | 2,970,367           | 100.00 |



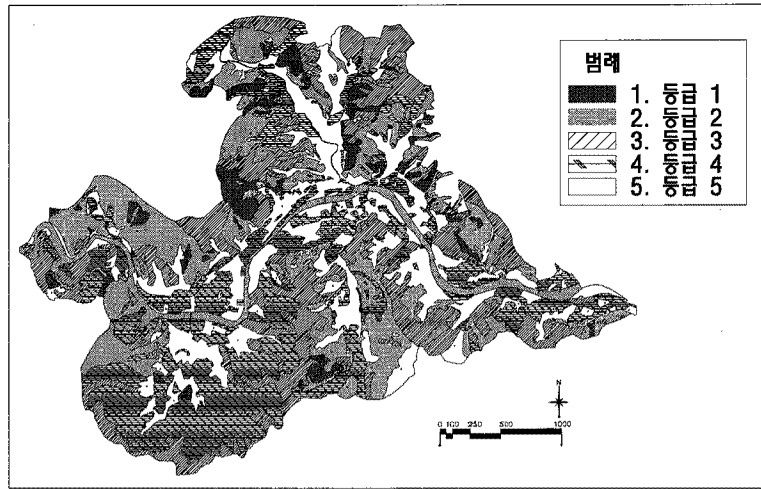


Figure 5 유역권 및 훼손예정지의 비오톱 유형 평가 등급도.

Table 6 유역권 및 훼손예정지의 녹지자연도 등급별 면적 및 비율

| 등급      | 유역권                 |        | 훼손지                 |        |
|---------|---------------------|--------|---------------------|--------|
|         | 면적(m <sup>2</sup> ) | 비율(%)  | 면적(m <sup>2</sup> ) | 비율(%)  |
| 등급 0    | 307,307             | 3.33   | 271,227             | 9.13   |
| 등급 1    | 370,572             | 4.01   | 266,216             | 8.96   |
| 등급 2    | 1,956,731           | 21.19  | 1,195,120           | 40.23  |
| 등급 3    | 630,989             | 6.83   | 540,904             | 18.21  |
| 등급 4    | 238,875             | 2.59   | 84,665              | 2.85   |
| 등급 5    | 178,066             | 1.93   | 45,376              | 1.53   |
| 등급 6    | 2,879,369           | 31.18  | 221,770             | 7.47   |
| 등급 6(8) | 63,226              | 0.67   | 9,725               | 0.34   |
| 등급 7    | 565,553             | 6.12   | 64,226              | 2.16   |
| 등급 8(6) | 103,203             | 1.12   | 23,292              | 0.78   |
| 등급 8    | 1,942,014           | 21.03  | 247,846             | 8.34   |
| 합 계     | 9,235,905           | 100.00 | 2,970,367           | 100.00 |

\* 6(8): 인공림내 자생수종 출현지역, 8(6): 자연림내 인위적인 식재가 이루어진 지역

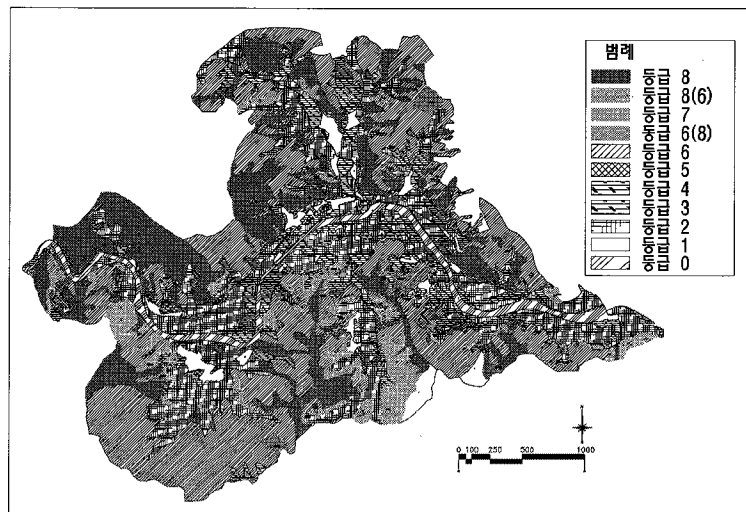


Figure 6 유역권 및 훼손예정지의 녹지자연도 등급별 분포도.

부분적으로 천이진행정도에 따라 등급 6(8)이 0.67%, 수령 20년이하의 녹지자연도 등급 7지역이 6.12%로 소면적으로 분포하였다. 그 외에 과수원 등의 등급 3(6.83%), 수면이 유지되는 등급 0(3.33%), 시가지조성지인 등급 1(4.01%) 등이 분포하였다. 훼손지에서는 경작지인 등급 2(40.23%)가 가장 넓었으며 과수원 등의 등급 3(18.21%), 수면지역이 포함되는 등급 0(9.13%), 시가지지역인 등급 1(8.96%)이 주로 분포하였다. 그 외 산림으로서 수령 20년 이상의 자연림인 이차림(B)으로 등급 8이 8.34%, 조림지인 등급 6이 7.47%로 소규모 면적이었다.

### 3. 토양환경

#### 1) 토양 이화학적 특성

토양환경은 pH 5.00~6.24로 우리나라 미경작 산지토양(김계훈 등, 1995)과 비교해 양호한 상태로 식물생태계에 직접적인 영향은 미치지 않는다. 대상지의 토성은 사질양토로 비교적 양호한 편이었으나 일부 지역내 모래성분이 높았으므로 보수력과 보비력이 낮아 식물 생육시 쉽게 양수분 스트레스를 받을 수 있는 지역이었다. 유효인산은 평균 2.34mg/kg(0.01~6.33mg/kg)으로 우리나라 밭토양 평균 함량보다 현저하게 낮을 뿐만 아니라 미경작산지토양의 유효인산 함량의 40% 수준이었다. 따라서 이 토양에서 작물을 재배하고자 할 때에는 인산성분이 생육을 제한할 가능성이 높으며 수목식재에 있어서도 정상적인 생육과 이식 후 초기 활착을 위해서는 인산질 비료를 시비해야 할 필요가 있다.

#### 2) 토양층위 및 표토현황

표토(surface soil)는 토양 층위에서 최상단부에 위치하

며 암갈색을 띠고, 유기물이 다량 함유되어 있으며 입단구조가 잘 발달된 유기물층과 용탈층을 말한다(류순호, 2000). 표토는 식생유형별로 공생하는 토양미생물의 분해기능에 의한 지력 증진 및 토양오염의 정화, 우수보호기능 뿐만 아니라 표토의 적극적 재활용은 환경보전 측면에서도 효과를 지니고 있어 산림 개발시 발생하는 환경훼손에 대한 보상과 그 저감방안으로서 각 군락의 활용 가능한 표토량을 추정하였다. Table 8은 식생유형별 토양층위 현황 및 토양단면구조로 소나무림은 12.5~36.0cm(평균 24.7cm)이었으며 상수리나무림은 22~32.5cm(평균 27.8cm)이었다. 일본잎갈나무림은 24.0cm가, 굴참나무림은 30.5cm가 적절한 것으로 조사되었다.

### 4. 환경생태현황 종합

Table 9는 비오톱 유형 평가, 녹지자연도 평가자료 등 환경생태현황을 종합한 것으로, 비오톱유형 평가에서는 자연성, 다양성, 잠재성 등의 가치가 높은 층위구조가 형성된 소나무림, 상수리나무림 등이 산림생태계 위주인 대상지에서 가치가 높은 지역인 자연생태계 지역(등급 1), 보존상태가 양호한 단층구조의 참나무류림, 인공림 중 층위구조가 양호한 지역, 경작지 또는 나지에서 천이가 진행되어 야생조류의 서식·은신·먹이채이 장소로서 중요성이 높은 지역 등 자연생태계 중 일부가 훼손된 지역(등급 2)이 보전 가치가 높았다. 녹지자연도 평가 결과 수령 20년 이상의 자연림인 이차림(B)은 야생조류의 먹이 및 은신처로서 중요한 지역이므로 보전가치가 있었다. 연구대상지에서 보전가치가 있는 비오톱 유형 평가 등급 1, 2, 녹지자연도 등급 8 지역은 수몰, 도로건설 등에 의해 파괴될 경우 훼손 보상계획이 필요한 지역이었다.

Table 7 토양이화학적 특성 조사분석결과

| 항목       | pH(1:5)             | EC(1:5)(dS/m)       | O.M.(%)              | Avail.-P(mg/kg)     | Ca                  | Mg                  | K                   | Na                  |
|----------|---------------------|---------------------|----------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
|          |                     |                     |                      |                     | (cmol/kg)           |                     |                     |                     |
| 대상지      | 5.58<br>(5.00-6.24) | 0.01<br>(0.01-0.02) | 6.61<br>(3.74-11.57) | 2.34<br>(0.01-6.33) | 3.18<br>(0.02-8.53) | 0.90<br>(0.05-2.71) | 0.48<br>(2.27-0.45) | 0.08<br>(0.04-0.18) |
| 밭토양(표토)  | 5.80                | -                   | 1.90                 | 216.00              | 4.60                | 1.40                | 0.59                | -                   |
| 미경작 산지토양 | 4.80                | -                   | 6.40                 | 5.60                | 2.27                | 0.70                | 0.25                | -                   |

\* 자료: 김계훈, 유주용, 류순호. 1995. 한국 토양층 Cs-137과 K-40의 분포. 한국토양비료학회지 28(1): 33-40.

Table 8 유역권 및 훼손예정지의 조사구별 토양층위현황

(단위 : cm)

| 군집명     | 유기물층       | A층        | B1층          | B2층         | 표토              |
|---------|------------|-----------|--------------|-------------|-----------------|
| 소나무림    | 3.9(2~7.5) | 6.9(4~12) | 13.9(5.5~20) | 18.3(5~30)  | 24.7(12.5~36.0) |
| 상수리나무림  | 4.5(2.5~8) | 6.3(4~8)  | 17.0(10~23)  | 21.6(15~30) | 27.8(22.0~32.5) |
| 굴참나무림   | 2.5        | 8         | 20           | 15          | 30.5            |
| 일본잎갈나무림 | 2          | 9.5(2~17) | 12.5(10~15)  | 30.0(20~40) | 24.0(14.0~34.0) |

Table 9 유역권 및 훼손예정지의 환경생태현황 종합

| 유형        | 평가내용 |   |
|-----------|------|---|
| 비오톱 유형 평가 | 등급 1 | ■ 자연생태계 지역 - 자연성, 다양성, 잠재성 등의 가치가 높은 중위구조가 형성된 소나무림, 상수리나무림 등으로 산림생태계 위주인 대상지에서 가치가 높은 지역                         |
|           | 등급 2 | ■ 자연생태계 중 일부가 훼손된 지역 - 보존상태가 양호한 단층구조의 참나무류림, 인공림 중 중위구조가 양호하게 발달한 지역, 천이가 진행되어 야생조류의 서식·은신, 먹이채이 장소로서 중요성이 높은 지역 |
| 녹지자연도 평가  | 8등급  | ■ 수령 20년 이상의 자연림인 이차림(B)으로 야생조류의 먹이 및 은신처로서 중요한 지역  |

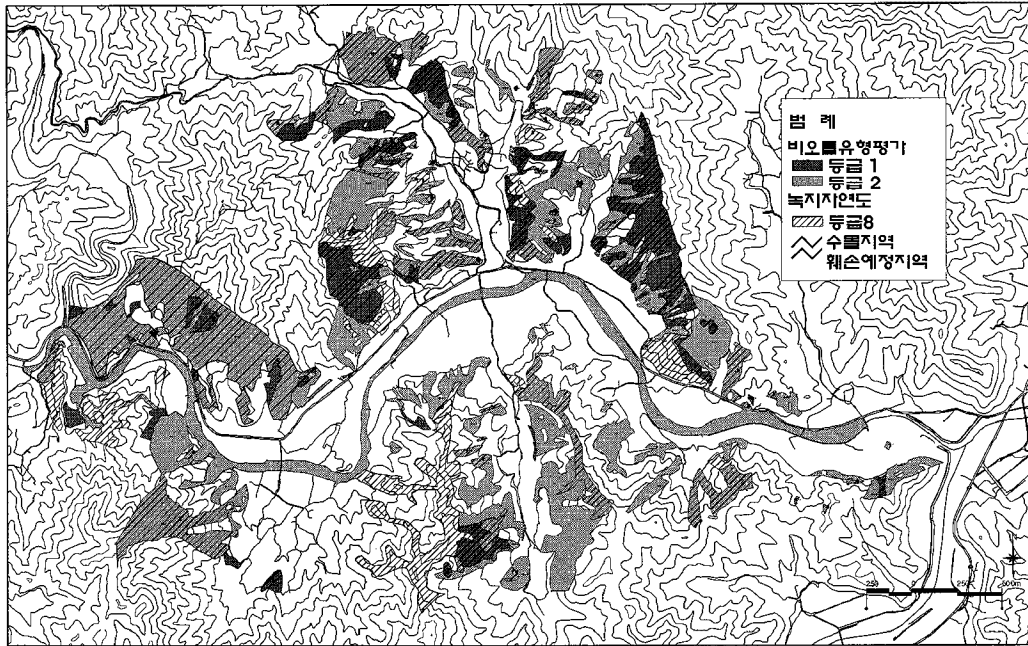


Figure 7 유역권 및 훼손예정지의 환경생태종합 현황도.

5. 환경생태 목표 및 방향설정

본 연구에서는 환경생태 목표 설정시 생태계 정밀 조사 및 분석자료를 바탕으로 생태계 훼손요인을 진단하고 훼손 보상계획을 수립하는 과정으로 진행하였다. 생태계

훼손에 따른 세부적인 저감기법요소로서 이식 및 표토활용계획을 수립하였다.

생태계 훼손 진단의 관점에서 댐건설시 훼손요인은 수몰과 이설도로(도로개설 및 이설)에 의한 직접적인 영향과 공사과정시 나타나는 간접적인 영향으로 구분할

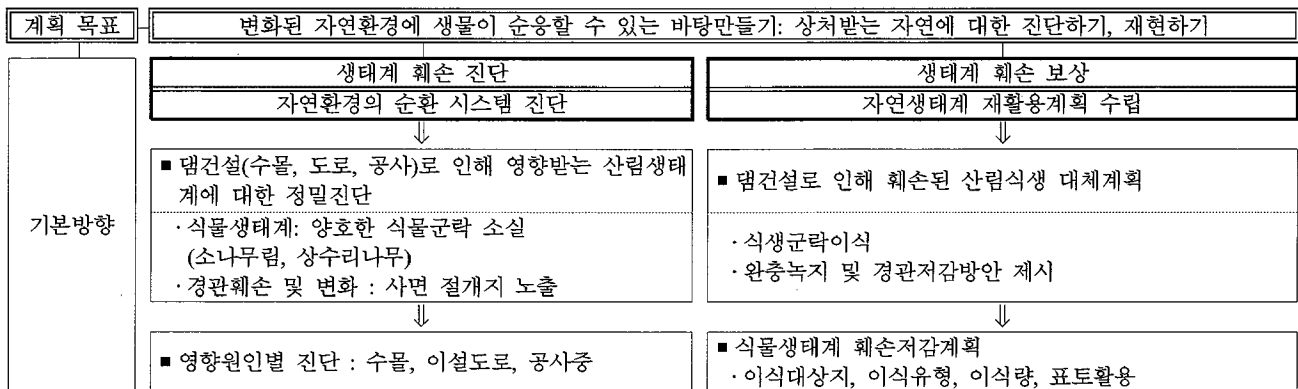


Figure 8 환경생태계획 기본방향 및 대안.

Table 10 유역권 및 훼손예정지의 이식지 유형별 면적 및 비율

| 번호       | 이식 유형  |         | 면적(m <sup>2</sup> ) | 비율(%)  |
|----------|--------|---------|---------------------|--------|
| 1        | 상록침엽수림 | 군락/표토이식 | 19,479              | 0.66   |
| 2        |        | 보통/표토이식 | 68,325              | 2.30   |
| 3        | 낙엽활엽수림 | 보통/표토이식 | 96,032              | 3.23   |
| 4        |        | 근주/표토이식 | 128,513             | 4.34   |
| 5        | 교란림    | 근주/표토이식 | 23,257              | 0.78   |
| 6        | 인공림    | 표토이식    | 261,455             | 8.80   |
| 합 계      |        |         | 597,061             | 20.11  |
| 대상지 훼손면적 |        |         | 2,965,908           | 100.00 |

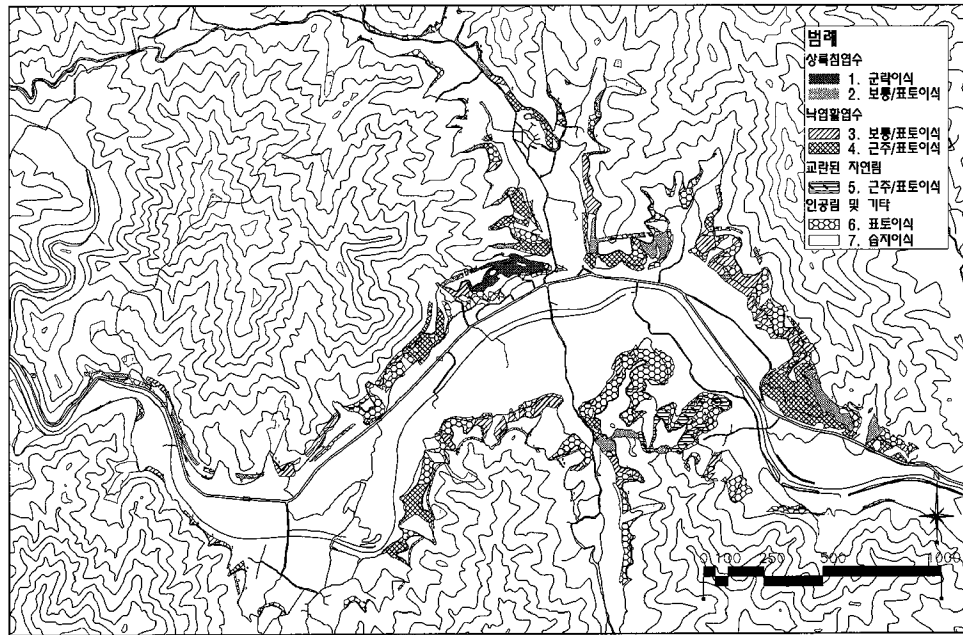


Figure 9 유역권 및 훼손예정지의 이식지 유형별 위치도.

수 있다. 전지는 수물 및 도로개설에 의해서는 양호한 식물군락 소실, 단절, 변화, 사면나지 노출 등의 문제가 발생할 것이다. 이에 대한 대처 방안은 식생군락이식, 완충녹지 및 경관저감 방안 등을 제시하였다. 식물생태계 훼손저감을 위하여 훼손에 따른 대체계획으로서 양호한 식생 재활용 측면의 이식목 및 표토활용 계획을 수립하였다. 첫째, 이식목 활용계획에 있어 수물 및 이설도로에 의해 훼손되는 산림생태계 내에서 식생이 양호한 지역의 군락이식, 수목이식, 근주이식, 식재지반 조성시 활용할 수 있는 산림지역내 표토 이식을 제안하였다. 식생이 양호한 지역과 비오톱유형 평가 등급 1, 2지역은 훼손시 자연생태계 훼손에 따른 보상계획으로서 이식계획 수립이 필요하며 이는 식생가치평가 및 작업의 난이도를 고려한 이식계획을 수립해야 할 것이다.

### 1) 이식대상지 구분

수물에 의해 훼손되는 양호한 식생군락의 선정기준은 자연성, 층위구조, 흉고직경급, 수령에 의해 구분하였다. 수목활착을 고려하여 참나무류는 20cm이하, 소나무, 느티나무 등은 30cm이하인 수목만을(김육근, 2005) 대상으로 하였다. 또한, 양호한 식생군락, 자연성이 양호한 자연림, 층위구조가 형성되어 있으며 흉고직경 15cm 이상의 중경목이 우점인 수령 30년 이상된 자연림을 대상으로 선정하였다. 이들 군락은 차후 생태계 보전·복원·보상 계획 수립시 이식하였다. 대상지에서는 양호한 식생군락으로 건조지성 자생침엽수림인 소나무림중 아교목층 및 관목층의 피도가 30%이상이고 흉고직경급이 15~30cm이며 수령 25~50년인 군락이 해당되었다. 한편 건조지성의 자생활엽수인 상수리나무림에서는 아교목층 및 관

목층의 피도가 30%이상이며 흉고직경급이 15~25cm이며 수령 25~40년인 군락이 해당되었다.

수물 및 이설도로에 의해 훼손이 불가피한 산림지역 중 보전가치가 있는 자연식생을 대상으로 비오톱 현황을 고려하여 군락/표토이식, 보통/표토이식, 근주/표토이식, 표토이식으로 구분하였다(Table 10, Figure 9). 훼손지내의 자생종 상록침엽수림(소나무림)은 군락/표토이식과 보통/표토이식으로 구분되어지며 전자는 19,479㎡(0.66%)이었고 후자는 68,325㎡(2.30%)로 협소하였다. 낙엽활엽수림은 주로 참나무류가 우점하는 군락으로 보통/표토이식, 근주/표토이식으로 구분되어졌으며 전자는 규격이 중·소경목으로 96,032㎡(3.23%), 후자는 대경목으로 이식이 불가능하거나 교란림 중 자연림의 비율이 높은 군락으로 128,513㎡(4.34%)로 가장 넓었다. 이 외에 교란림으로 인공조림종의 세력이 우세하거나 인공림은 주로 표토이식을 위주로 자생종이 많이 혼효된 자연림은 가능한 근주이식하였으며 인공림은 표토이식만 적용하였다. 실행시에는 식생군락과 더불어 뿌리혹박테리아, 근균이 포함된 표토이식을 통한 조기활착 및 양호한 군락형성을 유도하는 것이 바람직할 것이다.

2) 이식수목 및 표토 활용

수몰되거나 도로에 의해 훼손되는 지역 중 군락이식지의 면적은 19,479㎡였으나 이식대상지내 경사도 및 자연환경을 고려한 이식적지를 분석한 결과 소나무림

7,312㎡가 적정하였다. 교목층은 소나무 1종으로 주수는 438주이었으며, 아교목층의 전체 주수는 219주로 소나무(146주), 노간주나무(73주) 2종이었다. 관목층에서는 전체 17,520주로서 산철쭉(11,680주)이 주요 이식대상종이었으며 진달래(2,920주), 참싸리(876주)외에 소나무, 노간주나무, 신갈나무, 갈참나무, 개웃나무, 칩, 청가시덩굴은 각 292주가 이식적정량으로 산정되었다. 보통이식지는 소나무림과 상수리나무림으로 구분되었으며 교목층에 제한하였다. 소나무림(68,325㎡)에서는 교목층의 소나무가 8,879주로 산정되었으며 상수리나무림(96,032㎡)에서는 상수리나무 4,800주, 굴참나무 960주로 총 5,760주로 산정되었다. 따라서 보통이식에 있어서 경사도 및 작업효율을 고려하여 전체물량 중 40%를 적용하여 소나무림 교목층 3,552주, 상수리나무림 교목층 2,304주가 적정할 것으로 제안하였다. 근주이식지는 상수리나무림(151,770㎡)으로 교목층에 제한하였으며 교목층의 상수리나무가 총 12,144주로 산정되었으며 경사도 및 작업효율을 고려하여 전체 물량 중 40%에 해당되는 4,858주가 적정하였다.

표토이식에서는 자연림 유형으로 소나무림과 신갈나무림, 인공림 유형으로 일본잎갈나무림이 대상이었으며 전체 표토량은 153,326㎡로 산정되었다. 자연림 유형으로서 소나무림은 표토 깊이 24.7cm로 표토량을 산정한 결과 21,688㎡이었고, 상수리나무림은 표토 깊이 27.8cm로서 표토량은 68,889㎡이었다. 인공림인 일본잎갈나무림은 표토 깊이 24.0cm를 적용한 결과 표토량은 62,749㎡이었다.

Table 11 유역권 및 훼손예정지의 소나무림, 상수리나무림 보통이식을 위한 교목층 식물종 및 개체수

| 식생유형(㎡)                 | 층위               | 식물종       | 규격        |             |                 | 개체수     | 합계              |             |
|-------------------------|------------------|-----------|-----------|-------------|-----------------|---------|-----------------|-------------|
|                         |                  |           | 흉고직경(cm)  | 수고(m)       | 평균수관폭(m)        |         |                 |             |
| 군락이식<br>소나무림<br>(7,312) | 교목층              | 소나무       | 20(14~31) | 11(6~13)    | 4.2×4.1         | 438     | 1종 438개체        |             |
|                         | 아교목층             | 소나무       | 4         | 3.5         | 1.5×1.0         | 146     |                 |             |
|                         |                  | 노간주나무     | 5         | 5           | 1.3×1.3         | 73      |                 |             |
|                         | 관목층              | 소나무       | -         | -           | 0.3×0.3         | 292     | 10종<br>17,520개체 |             |
|                         |                  | 산철쭉       | -         | -           | 1.3×1.3         | 11,680  |                 |             |
|                         |                  | 진달래       | -         | -           | 1.2×1.2         | 2,920   |                 |             |
|                         |                  | 신갈나무 외 6종 | -         | -           | 0.1×0.1~1.0×1.0 | 2,628   |                 |             |
| 보통이식                    | 소나무림 (68,325)    | 교목층       | 소나무       | 15(6~27)    | 9.4(7~12)       | 3.0×3.0 | 8,879           | 1종 8,879개체  |
|                         | 상수리나무림 (96,032)  | 교목층       | 상수리나무     | 24.6(16~31) | 11.8(10~13)     | 6.2×5.8 | 4,800           | 2종 5,760개체  |
| 굴참나무                    |                  |           | 23        | 12          | 4.0×4.0         | 960     |                 |             |
| 근주이식                    | 상수리나무림 (151,770) | 교목층       | 상수리나무     | 18(8~33)    | 14.9(8~20)      | 4.0×4.0 | 12,144          | 1종 12,144개체 |

Table 12 유역권 및 훼손예정지의 표토 채취가능량

| 식생유형 | 식생유형   | 분포면적(㎡) | 표토깊이(cm) | 표토량(㎡) | 식생유형 |        | 분포면적(㎡) | 표토깊이(cm) | 표토량(㎡)  |
|------|--------|---------|----------|--------|------|--------|---------|----------|---------|
|      |        |         |          |        | 인공림  | 일본잎갈나무 |         |          |         |
| 자연림  | 소나무림   | 87,804  | 24.7     | 21,688 | 합계   | 일본잎갈나무 | 261,455 | 24.0     | 62,749  |
|      | 상수리나무림 | 247,802 | 27.8     | 68,889 |      |        |         |          |         |
|      |        |         |          |        |      |        | 597,061 | -        | 153,326 |

이식수목 활용에 있어서는 경관복원계획과 생태복원 계획으로 구분하였다. 경관복원계획은 대상지의 급경사 지 및 묘지 주변에 분포하고 있는 자생종 침엽수림인 소나무림을 기존의 양호한 건축물(고택, 제각 등) 주변에 이식하여 전통적인 경관을 복원하였다. 생태복원계획은 조기녹화 복원, 생태계 재생, 우드칩 활용으로 방향을 설정하였다. 조기녹화 복원은 생태공원조성 등 생태계 복원시 핵심지역에 대하여 식생 전체와 표토 이식을 통한 조기녹화 및 생물서식공간 조기 조성계획시 활용하였다. 생태계 재생은 댐배면부, 급경사지역 등 군락이식이 어려운 지역이나 생물이동통로 또는 생물서식처를 조성해야 하는 지역에 근주이식 및 표토이식을 통한 생태계 회복을 꾀하였다. 우드칩은 훼손목에 대하여 분쇄화하여 토사유출 방지, 성토면 잡초방지, 영양분 공급 등의 목적으로 활용(Recycle)하였다.

#### IV. 결 론

친환경건설이란 명목으로 대부분 자연환경이 양호한 농촌지역내 댐 건설이 진행되고 있다. 댐 건설 또한 자연환경의 훼손을 수반하므로 구조물 조성이라는 관점에서 탈피하여 계획단계에서부터 자연환경에 미치는 영향을 철저히 분석하는 것은 물론 자연훼손을 최소화하고 훼손된 자연을 복원하기 위해 노력하는 것이 필요하다. 결국, 인간과 환경에 미치는 영향을 고려하지 않은 댐 건설은 녹지축 단절, 식물생태계 훼손 등 생태계 왜곡과 지역 고유의 사회·문화 자원 파괴를 초래하는 등 환경변화를 유발하게 된다. 이에 본 연구는 댐 건설예정지를 대상으로 유역권 중 직접적인 영향을 미치는 지역의 생태적 변화에 따른 생태계 유지 및 훼손보상 방안을 제안하였다.

연구는 식물생태계를 중심으로 계획여건조사, 평가, 계획구상 순으로 진행하였으며 조사 및 평가결과, 소나무림, 상수리나무림 등이 산림생태계 위주인 대상지에서 가치가 높았으며 보존상태가 양호한 단층구조의 참나무류림, 인공림 중 층위구조가 양호한 지역, 경작지 또는 나지에서 천이가 진행되어 야생조류의 서식·온신·먹이채이 장소로 이용되고 있는 지역이 잠재가치가 높았다. 즉, 연구대상지에서 보전가치가 있는 비오톱 유형 평가 등급 1, 2, 녹지자연도 등급 8 지역이 수몰, 도로건설 등에 의해 파괴될 경우 훼손 보상계획이 필요한 지역이었다. 계획 및 구상에서는 개발시, 양호한 식물군락 소실, 사면나지 노출 등의 문제에 있어 이식대상지 선정 및 이식량, 이식유형, 표토활용 등을 제시하였다. 이식유

형은 군락이식지, 보통이식지, 근주이식지로 구분하여 이식량을 제안하였으며 그에 따른 표토량을 산정하였다.

향후, 자연생태계의 생산자, 분해자, 소비자를 고려한 통합적인 계획 수립이 이루어져야 한다. 또한, 환경영향평가 항목별 현황파악 및 복원을 위한 생태계획기법 도출이 이루어져야 하나 본 연구는 식물생태계에 국한하여 훼손에 따른 저감기법을 제안하였기 때문에 그 한계점을 갖는다. 향후, 댐 조성으로 피해를 받을 수 있는 동물생태계를 고려한 대체서식처, 네트워크 계획 등 항목별 질적 평가를 위한 정량화된 평가방법론의 개발이 이루어져야 할 것이다.

본 논문은 농촌진흥청 공동연구사업(과제번호:PI007426201003)의 지원에 의해 이루어진 것임

#### 참고문헌

1. 강중수, 이규환, 1998, 환경친화적 댐 건설 방향, 자연과 문명의 조화, 46(9), 12-19.
2. 광승준, 유승훈, 한상용, 2003, 댐 건설 영향에 대한 대도시 지역주민들이 평가-계층적 분석법을 적용하여, 지역연구, 19(2), 1-20.
3. 구분학, 2004, 건설관리 사업의 생태 보전 및 복원 전략-댐사업을 중심으로-, 한국환경복원녹화기술학회지, 7(3), 1-13.
4. 권전오, 2003, 환경친화적인 택지개발계획 수립을 위한 환경생태평가기법 활용에 관한 연구, 서울시립대학교 박사학위논문, 281.
5. 김계훈, 유주용, 류순호, 1995, 한국 토양중 Cs-137과 K-40의 분포, 한국토양비료학회지, 28(1), 33-40.
6. 김옥근, 2005, 개발지역내 훼손지역의 자연식생 군락이식 기법 연구-용인동백지구를 사례로-, 서울시립대학교 도시과학대학원 석사학위논문, 167.
7. 김종원, 2004, 녹지생태학, 월드사이언스, 서울, 237.
8. 류순호, 2000, 토양사전, 서울대학교출판부, 730.
9. 반양진, 2003, 환경친화적인 댐건설 추진방안, 자연과 문명의 조화, 51(3), 27-34.
10. 서진원, 김희성, 2009, 위천 상류에 건설 중인 화북댐 상·하류 어류군집에 관한 연구, Korean J. Limnol., 42(2), 260-269.
11. 손부순, 이용성, 이장훈, 이춘식, 이태관, 이한섭, 조용진, 최한영, 2005, 환경영향평가, 동화기술, 281.
12. 송종석, 1992, 안동댐 건설에 의한 식생변화와 그

- 요인, *Korean J. Ecol.*, 15(4), 411-431.
13. 송종석, 김현규, 1993, 안동 임하댐 일대의 삼림식생에 대한 군락생태학적 연구, *Korean J. Ecol.*, 16(4), 439-457.
  14. 양보경, 1997, 조선시대의 '백두대간' 개념의 형성, *진단학보*, 83, 85-106.
  15. 원희영, 2000, 댐건설과 환경복원에 대한 우리의 노력-강원도 횡성군 횡성다목적댐 환경복원 사례를 중심으로-, *한국환경복원녹화기술학회지*, 3(3), 100-104.
  16. 이경재, 한봉호, 이수동, 2004, 서울 남산도시자연공원의 비오톱 구조 및 생태적 관리방안, *한국조경학회지*, 32(5), 102-118.
  17. 이수동, 강현경, 2008, 소규모 공공시설 개발 사업지의 생태적 복원 연구 -고양시 일산정수장 조성예정지를 사례로-, *한국조경학회지*, 35(6), 48-63.
  18. 정연숙, 1998, 댐건설이 소나무의 연륜생장에 미치는 영향, *Korean J. Ecol.*, 21(3), 251-255.
  19. 조우, 2003, 도시자연공원의 보전 및 개발 계획을 위한 생태평가 방법의 적용-인천시 문학공원을 대상으로-, *대한국토·도시계획학회지*, 38(3), 21-37.
  20. 최송현, 1996, 산림생태계의 환경영향평가기법에 관한 연구-녹지의 자연성평가를 중심으로-, 서울시립대학교 대학원 박사학위논문, 146.
  21. 최송현, 2005, 환경영향평가 중 식물생태계 평가기준 및 적용상의 문제점, *토지기술*, 18(1), 9-27.
  22. 홍성태, 2007, 토건국가와 댐의 건설과정, *사회과학연구*, 46(1), 223-246.
  23. 梅原徹, 1988, *ダム建設にともなう自然の保存對策*, *환경기술*, 17, 17-21
  24. Harding, R., 2006, Ecologically sustainable development: origins, implementation and challenges, *Desalination*, 187, 229-239.
  25. Helliwell, D. R., 1969, Valuation of wildlife resources, *Regional Studies*, 3, 41-47.
  26. Jefferson, R. G. and M. B. Usher, 1986, Ecological succession and the evaluation of nonclimax communities, In M. B. Usher, ed., *Wildlife Conservation Evaluation*, New York, Chapman and Hall Ltd., 69-91.
  27. Kirby, K., 1986, Forest and woodland evaluation, In M. B. Usher, ed., *Wildlife Conservation Evaluation*, New York, Chapman and Hall Ltd., 201-222.
  28. Molle. F., 2009, River-basin planning and management, The social life of a concept, *Geoforum*, 40, 484-494.
  29. Ratcliffe, D. A., 1971, Criteria for the selection of nature reserves, *Advancement of Science*, London 27, 294-290.
  30. Wittig, R. and K. Schreiber, 1983, A quick method for assessing two importance of openspace in town for urban nature conservation, *Biological Conservation*, 26, 57-64.
  31. Worbes, M., R. Staschel, A. Roloff and W.J. Junk, 2003, Tree ring analysis age structure, dynamics and wood production of a natural forest stand in Cameroon, *Forest Ecology and Management*, 173, 105-123.
- 
- 접 수 일: (2010년 5월 18일)  
수 정 일: (1차: 2010년 6월 13일, 2차: 6월 22일)  
게재확정일: (2010년 6월 22일)
- 3인 익명 심사필