

# 농촌 조건불리지역의 경관개선을 위한 접근

장갑수\* · 박인환\*\*

\*충남발전연구원 환경생태연구팀 · \*\*경북대학교 조경학과

## An Approach to Enhance the Unfair Area in the Rural Landscape

Jang, Gab-Sue\* · Park, In-Hwan\*\*

\*Environmental and Ecological Research Team, Chungnam Development Institute

\*\*Dept. of Landscape Architecture, Kyungpook National University

### ABSTRACT

Three land-use limitations including water hazard, soil erosion and fallow potential were evaluated to define an unfair area. Landscape indices in the unfair areas, defined by evaluations before and after landscape enhancement, were computed by Fragstats v3.3 and compared in order to propose a landscape enhancement plan. The results are as follows:

First, as a result of the land evaluation, 388.56ha was analyzed for the 1st class(S1), 623.25ha for the 2nd class(S2), 138.08ha(S3s: 82.47ha, S3e: 51.88ha) for the 3rd class(S3), 230.44ha(N1w: 194.91ha, N1e: 23.09ha, N1es: 13.94ha) for the 4th class(N1), and 67.91ha(N2w: 60.89ha, N2es: 7.02ha) for the 5th class(N2). The classes under the 3rd class(including the 3rd class) were determined as an unfair area, and proposed landscape enhancement for them. Second, it was proposed that unfair areas with potential water hazards(N1w, N2w) be restored as a wetland and buffer zone. At this point, the farmers owning these fields could be compensated using the direct payment for landscape conservation(DPLC). Areas with a relatively lower slope(S3e) or a steep slope(N1e) containing soil erodibility potential were proposed to be restored as a sod-culture-applied field and substitute vegetation or potentially natural vegetation, respectively. The unfair areas having fallow potential(S3s, N1es, N2es) were proposed to apply special use crops for the S3s fields, native plants for the N1es fields, and intended fallow for the N2es fields. Third, after landscape enhancement, the forest had higher values in the indices of NP, PLAND, LSI, IJI, and TCA, while paddy and upland had lower values in most indices except NP and LSI. The forest patches increased and were more plentiful with their restoration and had much greater possibility to join with nearby patches. With continued restoration, forest patches will have a large core area and small number of patches due to the conglomeration of patches, which positively influences the species of diversity in the forest patches.

*Key Words: Landscape Patch, Land Evaluation, Landscape Fragmentation, Landscape Index*

### 국문초록

경상남도 창녕군 이방면을 대상으로 토지이용 제한인자인 홍수피해, 토양침식 그리고 휴경 잠재성을 종합한 토지평가에 따라 조건불리지역으로 선정된 지역에 대하여 경관복원을 위한 제언을 하고, 이를 바탕으로 경관복원 전후의 경관구조

**Corresponding author:** In-Hwan Park, Dept. of Landscape Architecture, Kyungpook National University, Daegu 702-701, Korea, Tel.: +82-53-950-5784, E-mail: parkin@knu.ac.kr

비교를 통하여 경관개선 효과를 평가하였는데, 그 결과는 다음과 같다.

첫째, 토지평가 결과 연구지역 내 농경지 면적 2,924.34ha 중 1급지는 388.56ha, 2급지는 623.25ha 존재하였고, 3급지는 138.08ha, 4급지는 230.44ha, 그리고 5급지는 67.91ha 존재하였다. 이 중 3급지와 4급지에 해당하는 지역은 조건불리지역으로 간주하여 경관개선을 위한 제안을 하였다. 둘째, 침수잠재성을 가진 조건불리지역은 습지와 그 완충지역으로의 복원을 제안하였고, 이 때 복원대상 토지의 소유주에게는 경관보전직접지불제에 의한 보상이 이루어질 수 있을 것으로 판단하였다. 토양침식잠재성을 가진 조건불리지역의 경우, 초생재배, 대상식생, 잠재자연식생으로의 전환을 통한 지력보강 방법을 제안하였다. 셋째, 조건불리지역의 경관복원에 대한 제안에 따라 경관복원 전후의 경관구조를 평가한 결과, 산림은 그 패치의 수, 경관비율, 최대패치지수, 경관형태지수, 산재·병렬지수, 그리고 핵심지역 면적에서 모두 증가한 반면, 논·밭과 과수원에서는 패치수, 경관형태지수를 제외한 대부분의 지수에서 감소하는 것으로 확인하였다. 우리나라 산림은 과거 농업이 경쟁력을 가질 당시에 지나치게 확장되어 현재 홍수피해, 휴경 등 여러 가지 열악한 여건을 가지고 있으므로 이를 개선하기 위한 노력이 필요하다고 보며, 그런 의미에서 본 연구가 나름의 의미가 있다고 사료된다.

주제어: 경관패치, 토지평가, 경관 파편화, 경관지수.

## 1. 서론

### 1. 연구의 배경 및 목적

경관(landscape)<sup>1)</sup>에서 각각의 패치, 통로, 기질 등 다양한 경관요소(landscape element)들이 모여서 토지 모자이크(land mosaic) 개념의 지역 전체 경관을 형성하게 되는데(Forman, 1995), 도시지역은 지속적인 성장에 따라 인공화된 패치로 단순화되었고, 산림은 벌기령 이상의 임목을 벌채하거나, 건물축조, 도로 건설 등으로 인해 가장자리부터 내부지역까지 훼손의 위협을 받고 있으며, 농경지도 관리지역을 중심으로 급격한 개발이 진행되면서 패치들이 파편화되거나 감소하여 결국 경관의 질이 저하되고 있음이 현실이다. 이처럼 경관이라는 것이 매우 정성적이라 그 변화의 정도를 정량화하기 어려웠는데, 최근 들어 경관을 지수로 정량화한 경관평가방법이 경관관리에 활용되면서 토지이용에 의한 경관의 변화에서부터 농촌, 산림의 경관에 대한 다양한 접근이 가능해졌다.

농촌지역에서 산림형질 변경에 따라 산지가 농지로 전용되는 등 지난 수십 년 동안 지나친 농지확장으로 홍수에 의한 농경지의 침수와 지형조건에 따른 토양침식 등 크고 작은 자연재해와 환경문제들을 야기하였고, 결과적으로 농촌경관을 저해하는 요인으로 작용하였다. 따라서 토지이용 과정에서 발견된 제한인자를 포함하는 토지는 지역 전체의 생태적 건전성을 회복할 수 있도록 해당 제한요소를 제거하는 방향으로 유도·관리하는 것이 바람직하다. 이에 따라 본 연구에서는 농촌의 토지이용에 반하는 주요 제한인자들로 규명된 홍수에 의한 여름철 저지대 토지의 상습침수, 강우·바람에 의한 토양침식, 그리고 농업인구 감소와 함께 급경사 혹은 접근이 불리한 지역을 중심으로 진행되고 있는 휴경에 의해 발생 가능한 조건불리지역(un-fair area)의 경관개선 방안을 제시하고, 개선 전후의 경관지수

비교분석을 통하여 경관개선 효과를 정량화해 보고자 하였다.

### 2. 연구사

소규모 지역에서 홍수 피해를 분석한 사례들을 고찰하면, 윤용남 등(2000)은 침수위와 피해규모와의 관계를 확률모형화한 바 있고, 김가현 등(2001)은 남사천 하류 지역의 홍수 발생 정보 중 유량, 기상 등 수문자료와 지형조건을 이용한 확률 강우량과 확률 홍수량을 추정하는 바 있다. 박의정 등(2002)은 계림라성 집중호우로 인해 대량 피해를 가져왔던 영산강 지류인 함평천 유역의 침수 취약 지역을 분석한 바 있다. 그러나 이들 연구들은 수치고도모형(Digital Elevation Model: DEM) 등 지형공간정보를 활용하여 홍수 혹은 강우량을 간접 예측한 반면, 실제 발생한 정보에 근거를 참조하여 예측하지 않았다. 따라서 본 연구에서는 실제 피해를 입은 농경지를 현지 조사하여 얻은 정보를 토대로 고도에 따라 미치는 영향을 분석하고자 로지스틱 회귀모형을 활용하였다.

일반적으로 토양침식 잠재성은 Wischmeier와 Smith(1978)가 개발한 토양유실예측공식(Universal Soil Loss Equation: USLE) 모델을 활용하고 있다. 토양침식 방지를 위해, Neal은 경사와 강우 강도에 따른 토양침식 관계식을 최초로 설정하였고, 이후로 각 요인들을 고려한 다양한 형태의 토양유실량 예측공식을 개발하였다(최진규 등, 1998). 특히 Wischmeier는 포장시험 결과로부터 강우인자를 구함에 있어 30분 최대강우강도가 상관성이 높음을 밝혔고, 1956년에는 Musgrave와 Browning 등의 개념을 조합하여 토양유실예측공식을 개발하였다(Wischmeier et al., 1978). 우리나라에서는 정필균 등(1983)이 기상청의 전국 69개 측후소 및 관측소의 9년간 강우자료를 분석하여 강우인자를 추정함으로써 USLE 모델에 적용 가능하도록 강우인자 추정식을 계산하였다. 휴경을 주제로 하여 나영은 등(1996)은 휴경논의 합리적 재이용을 위해 휴경년수별 토양특성과 식

생변화를 조사한 바 있고, 강병화 등(2003)은 인간에 의한 교란이 적은 지역의 휴경지에서 나타날 수 있는 연차별 식생 특성을 규명한 바 있으며, 이한방(2001)은 농업적 토지이용과 경영이 휴경에 미치는 영향 및 그 문제들을 분석한 바 있지만, 휴경이 공간적으로 어떻게 분포할지를 예측한 사례는 없는 것으로 보인다. 따라서 본 연구에서는 휴경이 발생할 수 있는 잠재성을 확률적으로 해석하고자 로지스틱 회귀모형을 활용하였다. 지역 내 생태적 건전성에 관점을 두고 지역경관의 질을 평가함으로써 양질의 경관으로 관리하기 위한 방안을 마련하기 위해 여러 시도들이 있었다. 지금까지 언급한 경관을 지수형태로 정량화할 수 있는 Fragstats GIS를 McGarigal(2002)이 개발하면서 이를 활용하여 이응경(1998)은 다중시기 위성영상으로 한강 하류유역에서의 산림파편화 변화를 경관생태학적으로 분석하여 관리방안을 마련한 바 있고, 장갑수와 박인환(1999)은 경상북도 4개 주요 도시를 대상으로 도로에 의한 산림파편화의 현상을 분석함으로써 산림생태계 단절의 실상을 확인한 바 있다. 이상과 같이 경관지수를 활용하여 경관 내 패치의 역동성을 정량적으로 규명함으로써 지역경관의 질을 평가하는 사례들이 최근 들어 조명을 받고 있다.

## II. 재료 및 방법

### 1. 연구 대상지 및 활용재료

연구지역인 경남 창원군 이방면은 낙동강 본류와 인접하여 농업에 이용할 수량이 풍부하고, 연중 온난한 기후조건으로 인해 이모작이 가능하여 다른 지역에 비해 농업경쟁력이 뛰어나다. 하지만 근래 들어 낙동강 상류지역의 대규모 치수사업으로 인해 농경지 침수 가능성이 높아졌고, 월동작물을 추수하고 주작물을 파종하기 전에는 장마기가 겹치므로 심각한 토양유실이 발생할 수 있으며, 청년층의 급격한 감소로 인한 인력 부족에 따라 지형조건이 열악한 농경지를 중심으로 휴경발생율도 점차 증가할 것으로 예상되었다.

이들 지역의 토지이용현황을 파악하기 위해 1:5,000 수치지형도를 활용하였고, 최근 토지이용현황도를 갱신하기 위해 2003년 촬영한 KOMPSAT-1 이미지를 활용하였다. 로지스틱 회귀모형을 활용한 침수농경지 분석에서 쓰인 농경지 침수정보는 홍수피해시 각 읍·면·동 사무소에서 조사한 농작물피해조사대장을 참조하였고, 토양 침식잠재성 분석에서 활용한 토양도는 농업과학기술원에서 구축한 1:5,000 세부정밀토양도를 활용하였다. 휴경잠재성 분석에서 활용한 농경지 휴경정보는 현장조사를 통하여 휴경 유무를 판단하였다.

### 2. 조건불리지역 설정방법

1) 로지스틱 회귀모형을 활용한 침수농경지 분석  
고도와 농경지 침수면적과의 관계는 로지스틱 회귀모형으로

설명이 가능하다. 이 때, 고도를  $E$ , 고도별 농경지 침수면적의 누적도수(cumulative frequency)를  $A_c$ , 최대 침수누적면적을  $A_{max}$ , 최소 침수누적면적을  $A_{min}$ , 특정고도에서의 침수누적면적과 최소 침수누적면적( $A_{min}$ )의 차를  $N$  그리고  $A_{max}$ 와  $A_{min}$ 의 차를  $K$ 라고 하였을 때, 로지스틱 회귀모형의 기본식을 (식 1)로 표현할 수 있다.

$$\ln \frac{N}{K-N} = \alpha \times E + \beta$$

$$N = A_c - A_{min} \quad (\text{식 1})$$

여기서,  $K$ : 최대침수누적면적( $A_{max}$ ) - 최소침수누적면적( $A_{min}$ )

$A_c$ : 고도 구간별 침수누적면적( $m^2$ )

$E$ : 고도( $m$ )

$\alpha, \beta$ : 회귀식에서 구할 계수

### 2) USLE를 활용한 토양침식 잠재성 분석

본 연구에서 USLE 공식에 활용된 인자 중 강우인자( $R$ )는 대상지 면적이 좁기 때문에 대상지 전역에서 동일하다고 가정하였고, 대상지역의 경년별 토지이용은 다양하기 때문에 개별 농지의 토지이용을 결정하기에는 어려움이 있을 뿐만 아니라 농업활동 전후에 나타나는 나지상태 토양의 침식저항력을 판단하기 위해서는 지표상태를 우선하기보다 토양의 고유특성만을 간주하는 것이 적절하다고 판단하였다. 따라서 강우인자( $R$ ), 토지피복인자( $C$ ) 및 관리인자( $P$ )를 분석과정에서 제외하고, 토양침식성 인자( $K$ ) 및 침식사면의 길이( $L$ )·경사인자( $S$ )만을 적용하여 잠재적인 토양침식 정도를 분석하였다(식 2~4 참조).

$$K = [2.1 \times 10^{-4} (12 - OM) M^{1.14} + 3.25 (S - 2) + 2.5 (P - 3)] / 100 \times [1.0977 \times 10^{-0.0111x}] \quad (\text{식 2})$$

$$L_{ij} = \frac{(A_{ij-in} + D^2)^{m+1} - A_{ij-in}^{m+1}}{D^{m+2} \times x_{ij}^m \times 22.13^m} \quad (\text{식 3})$$

여기서,  $L_{ij}$ : 격자에 대한 침식사면의 길이인자,  $A_{ij-in}$ : 격자에 유입되는 상류 기여면적,  $D$ : 격자크기,  $m$ : 침식사면 길이의 멱지수,  $x_{ij} = (|\sin \alpha_{ij}| + |\cos \alpha_{ij}|)$ : 흐름방향에 직교하는 등고선 길이,  $\alpha_{ij}$ : 격자의 방향

$$S = -1.5 + \frac{17}{1 + \exp(2.3 - 6.1 \sin \theta)} \quad (\text{식 4})$$

여기서,  $\theta$ : 경사각

3) 휴경잠재성 분석을 위한 로지스틱 회귀모형  
종속변수가 연속적인 변수가 아닌 이분(二分, dichotomous)

데이터일 경우가 있는데, 반응의 결과가 두 개인 이항반응(二項反應, binary response)<sup>2)</sup>을 분석하기 위해서도 로지스틱 회귀 모형(logistic regression model)을 활용할 수 있다. 휴경잠재성 분석에서 지형조건에 따른 휴경반응자료 또한 가변수이므로 로지스틱 회귀모형의 활용이 가능하다. 다만 (식 1)의  $N$ 을 휴경확률  $P_x$ 라 한다면, 휴경의 지형조건인 예측변수  $x_1, x_2, x_3, \dots, x_k$ 에 대하여  $x$ 가 일어날 확률인 이항반응변수  $P_x$ 와의 관계를 다음 (식 5)와 같은 다중 로지스틱 모형(multi-logistic model)으로 표현할 수 있다.

$$\ln\left(\frac{P_x}{1-P_x}\right) = \alpha + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \dots + \beta_k x_k \quad (\text{식 5})$$

휴경조사자료 중 휴경된 농경지는 '1'로, 경작농경지는 '0'으로 하는 휴경반응을 반응변수로 하고, 농경지의 휴경에 영향을 주는 토양제한인자인 고도, 경사, 도로로부터의 거리, 수자원과의 거리를 설명변수로 적용하였다.

### 3. 경관파편화 분석

경관의 구조적 패턴이라 함은 서로 연결되지 않고 독립적으로 분포하고 있는 패치(patch)의 수와 크기, 모양, 가장자리의 양, 공간배치 형태, 인접 패치들과의 거리 등을 의미하는데 (Forman, 1995), 인간의 간섭과 도시화 등 개발압력의 증가에 의한 파편화 현상과 환경의 변화에 따른 경관 구성요소간의 변화를 정량적으로 파악하기 위한 지표로 활용되는 경관지수는 1950년대 후반부터 기하학적 이론을 기초로 제기된 이후 경관 분석용 소프트웨어(FRAGSTATS)의 개발로 인해 복잡한 계산식으로 구할 수 있었던 경관지수를 손쉽게 정량화할 수 있게 되었다(McGarigal and Marks, 1994). 경관평가에서는 기본적으로 패치의 수(number of patch: NP)를 활용하여 패취유형의 단절(fragmentation) 혹은 세분화(subdivision)를 파악할 수 있지만 그 자체만으로 패취의 크기, 분포, 밀도와 같은 정보를 확인할 수 없기 때문에 종종 경관비율(percentage of landscape: PLAND =  $\frac{\sum_{i=1}^n a_{ij}}{A} (100)$ )이라든지, 최대패취지수

$$\text{(large patch index: LPI} = \frac{\max(a_{ij})}{A} (100)), \text{ 경관형태지수}$$

$$\text{(landscape shape index: LSI} = \frac{e_i}{\min e_i} (100)^3), \text{ 핵심지역면적}$$

$$\text{(total core area: TCA} = \sum_{i=1}^n a_{ij} \left(\frac{1}{10,000}\right)), \text{ 산재·병렬지수}$$

$$\text{(interspersions and juxtaposition index: IJI} = \frac{-\sum_{k=1}^m \left[\frac{e_{ik}}{\sum_{k=1}^m e_{ik}}\right] \ln\left[\frac{e_{ik}}{\sum_{k=1}^m e_{ik}}\right]}{\ln(m-1)} (100)) \text{ 등을 종합적으로}$$

표 1. 경관파편화 분석에 활용한 경관지수

지수	설명	단위
NP	Number of Patches	-
CA	Class area	ha
PLAND	Percentage of Landscape	%
LPI	Largest Patch Index	%
LSI	Landscape Shape Index	-
TCA	Total Core Area	ha
IJI	Interspersion and Juxtaposition Index	%

로 고려하게 된다(McGarigal et al., 2002).

본 연구에서는 조건불리지역에서 훼손된 경관에 대한 복원 전후의 경관평가를 위해 Fragstats 3.3을 이용하여 경관구조를 지수화하였으며, 분석에 활용된 경관지수는 표 1과 같다.

## III. 결과 및 고찰

### 1. 조건불리지역 발생에 따른 농촌경관 실태분석

토지이용 제한인자인 홍수에 의한 여름철 저지대의 상습침수, 강우·바람에 의한 토양침식, 그리고 농업인구 감소와 지형조건에 따른 휴경에 의해 발생하는 조건불리지역을 (식 1~5 참조)를 활용하여 각각 구하고, UN FAO(Food and Agriculture Organization of the United Nations)의 토지평가 및 농촌진흥청의 농업적지분석에서 활용하였던 5계급<sup>4)</sup>으로 적합성 계급(suitable class)을 나누었다. 토지이용상 3개의 제한인자인 홍수피해 잠재성, 토양침식 잠재성 및 휴경 잠재성을 종합하여 UN FAO의 토지평가 방식으로 계급별 적합성을 구분하였다.

다만, 3~5급지는 조건불리지역으로 규정하였고, 조건불리의 원인이 되는 토지이용 제한인자인 농경지 침수(water hazard: w), 토양침식(erodibility: e) 및 휴경(inherent soil limitation: s)의 영문 두 문자를 적합성 하위계급(suitable subclass)으로 병기하는 FAO의 방식을 취하였다. 세 가지 조건불리지역 분석 결과를 종합하면 그림 1과 같은 결과를 얻을 수 있다. 연구지역 총 면적 4,273.9ha 중 1급지(최적지, S1)는 존재하지 않았고, 2급지(적지, S2)는 2,495.6ha 존재하였다. 반면 3급지(가능지, S3)는 1,082.7ha(S3s: 869.1ha, S3e: 213.6ha) 나타났고, 4급지(저위생산지, N1)는 498.9ha(N1w: 220.7ha, N1es: 174.9ha, N1e: 103.3ha) 분포하였으며, 5급지(부적지, N2)는 196.7ha (N2w: 86.1ha, N2es: 110.6ha) 존재하였다(그림 1 참조).

지역 내 핵심경관은 산림이다. 전체면적의 61.48%를 산림이 차지하고 있으며, 그 다음으로 논(9.10%), 과수원(6.80%) 등의 순으로 경관모자익을 형성하고 있다. 산림의 면적이 큰 반



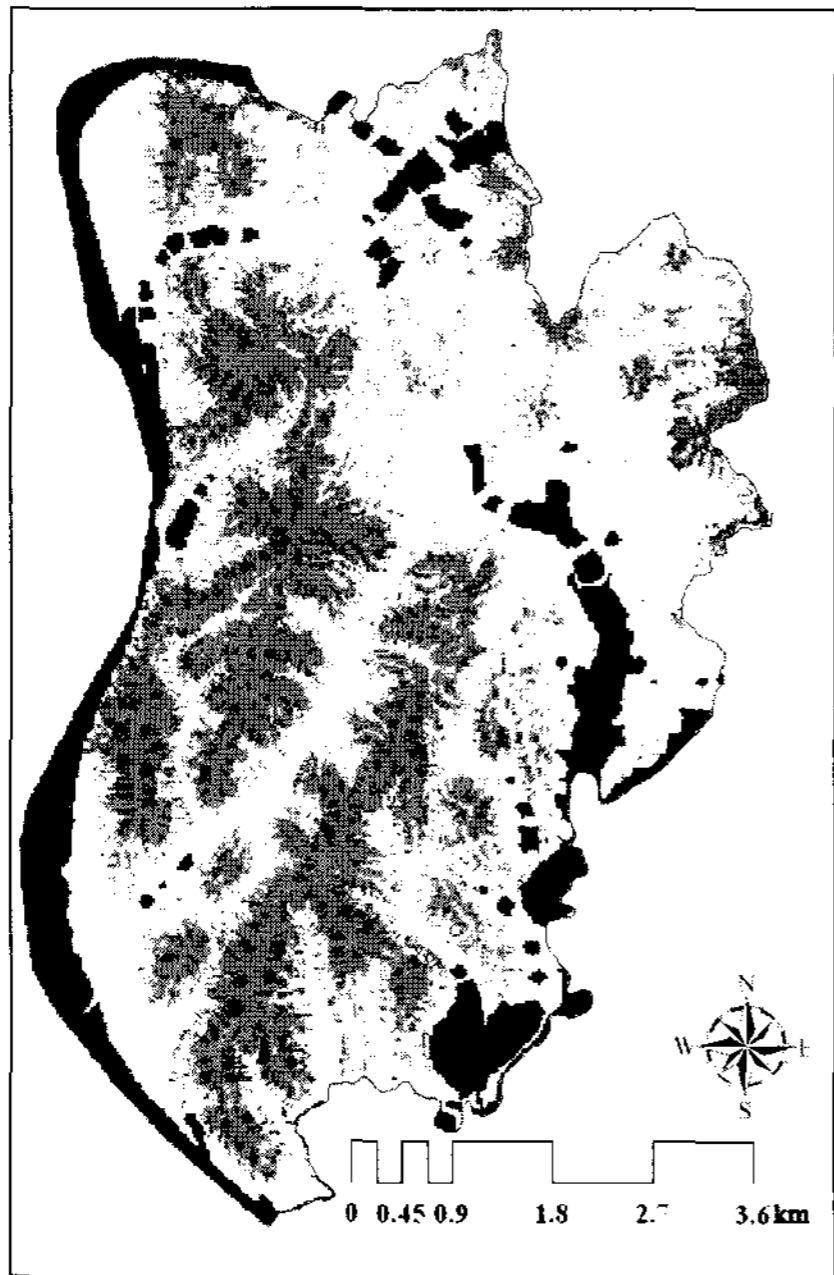


그림 1. 토지적합성 평가도  
 범례: □ S2, □ S3e, ■ S3s, ■ N1e, ■ N1es, ■ N1w, ■ N2es, ■ N2w

면에 산림패치의 수도 많았다. 산림패치의 수(NP)는 117개로 많이 단절되어 있고, 이에 따라 가장자리밀도도 높고 패치의 형태도 매우 불규칙하였다(LSI=22.29). 산림패치가 양에 비해서 질적으로 저평가되는 원인으로 무분별하게 확장된 과수원과 임목의 벌채 후 조성된 논과 밭을 들 수 있다. 이렇게 조성된 농경지들은 인근 산림의 가장자리를 훼손하고 전체적인 산림경관을 악화시키는 원인이 되었다. 대상지 내 휴경농경지가 9.24ha인 것을 보면, 대상지의 농업적 여건이 양호하지 않으며, 이들 휴경농경지가 산림경관과 혼재하면서 산림의 경관을 직간접적으로 훼손할 수 있음을 예상할 수 있다. 과수원 또한 281.44ha로서 지역 경관모자이크에 상당한 영향을 주고 있는 경관요소인데, 현재 운영 중인 과수원의 상당부분이 경사가 급하고 고도가 높아서 토양침식과 휴경가능성이 증가하므로 과수원 운영에 큰 어려움을 주는 것으로 조사되었다.

2. 조건불리지역 경관유형별 경관개선 제언

이에 따라 홍수로 인해 피해 가능성이 높은 농경지, 고도가 높고 경사가 급하여 토양침식 가능성이 높은 농경지, 그리고 농사여건이 열악하여 휴경이 일어날 수 있는 농경지는 조건불리지역이라 하여 농업생산성이 떨어지는 지역으로 규정된 동시에 주변 경관에도 악영향을 미치므로 다음과 같이 경관개선 방안을 제안하였다. 홍수피해 잠재성이 높아 4급지(N1w)와 5급지(N2w)로 평가된 지역은 각각 220.7ha와 86.1ha로 나타났다.

매년 상습적으로 침수가 예상되는 구역(frequently flooded zone)인 5급지에서는 지속적인 토지이용을 수행하는데 어려움이 있으며, 한편으로 인접습지, 하천, 소택지의 보존을 위해서는 매우 중요한 용지이기도 하다. 따라서 이들 지역은 미국 농무부 자연자원보전청(US Department of Agriculture Natural Resources Conservation Service: USDA NRCS)의 장기 습지보전 계획<sup>5)</sup>과 같이 현행 경관보전직접지불제를 보완하여 '습지 보호 완충지'를 조성하고 그에 따른 인센티브를 제공하는 방법으로 습지를 보호할 수 있도록 유도하는 것이 바람직하다. 이 경우, 편입토지에 대하여 경관보전직접지불제를 도입함으로써 지역 경관 보전을 위해 주민이 안심하고 참여할 수 있도록 유도할 수 있으며, 특히, 4급지 토지에서 홍수기를 피하여 대규모로 보리, 유채 등을 적용한 경관농업을 수행하게 되면, 봄철에 좋은 볼거리가 될 수 있고 수확에 따른 경제적인 효과까지도 기대할 수 있다(그림 2 참조).

토양침식 잠재성이 높은 3급지(S3e)는 213.6ha였고, 4급지

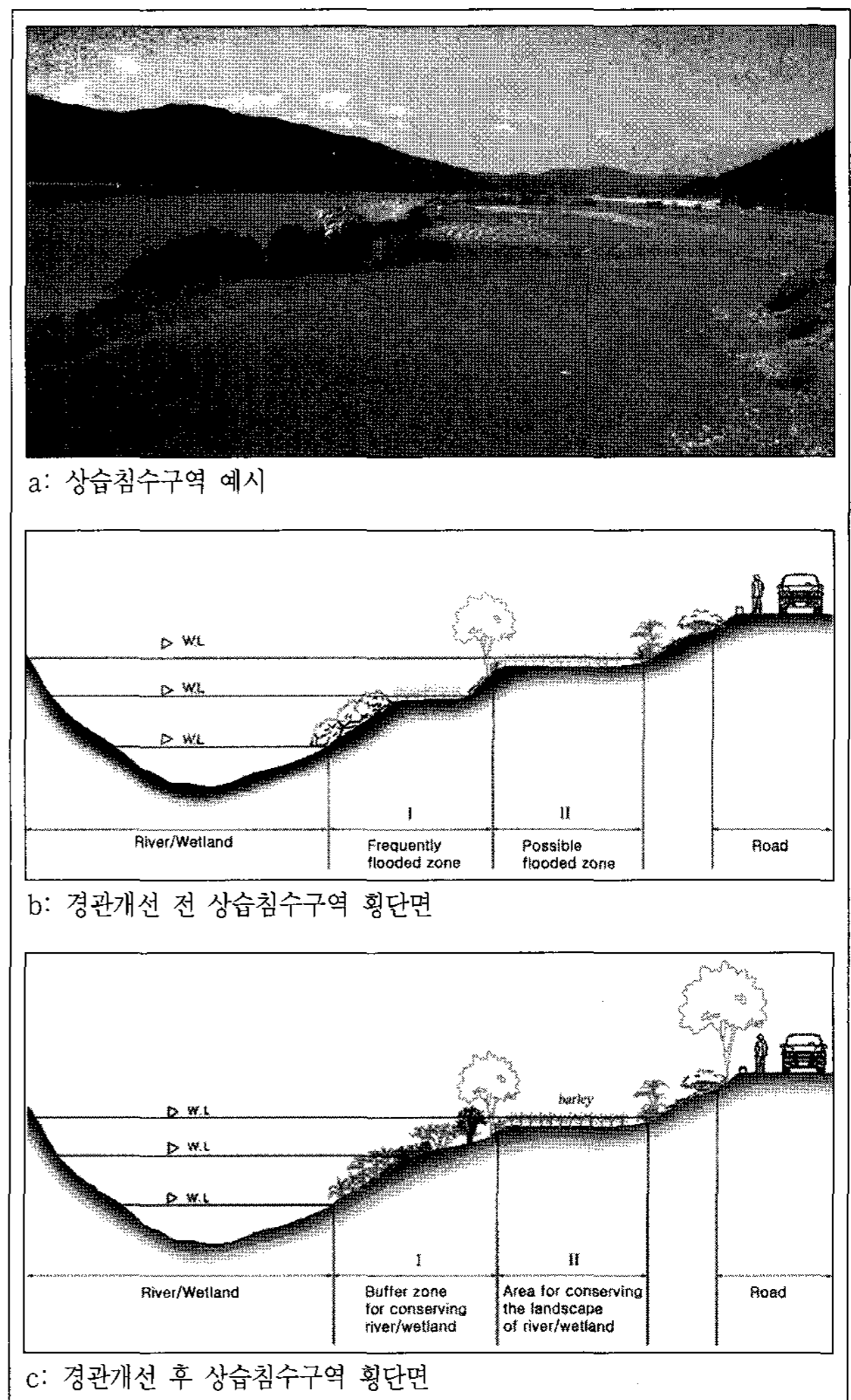


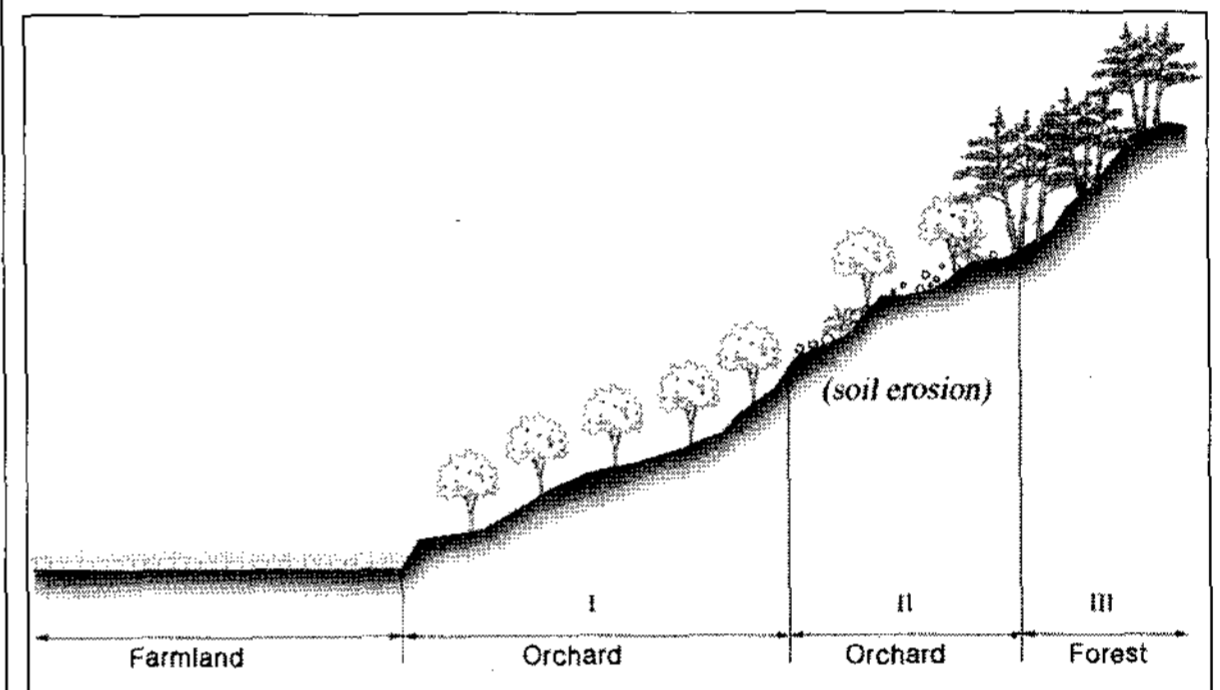
그림 2. 상습침수구역 경관개선 제언

(N1e)는 103.3ha가 분포하였다. 연구지역에서는 급경사지역에 조성되어 침식 가능성이 매우 높은 농경지들이 많았는데, 그 중에서도 산림을 개간하여 조성된 과수원들도 상당수 존재하였다. 특별히 현재 운영 중인 과수원의 경사가 20.9°이고, 이렇게 경작되는 과수원들의 지표면이 대부분 나지로 관리되고 있다는 점을 감안해 볼 때 다른 토지피복에 비해 침식 잠재성이 매우 높다고 할 수 있다. 따라서 경사가 급한 과수원을 대상으로 지표면을 지탱하고 있는 토양 자체의 관리를 위한 대책과 주변식생과의 경계지역에 나타날 수 있는 단절된 경관에 대한 복원방안을 수립할 필요성이 제기되었다. 먼저 3급지(S3e) 과수원에서는 토양 내 투입된 양분을 과수에 충분히 제공하고 작업의 효율성을 제고하기 위해 하층식생을 제거하는 것이 관행이었지만 급경사로 인하여 토양침식이 일어날 수 있는 과수원에서는 경사지 토양의 지력증진과 토양침식 방지·경관유지를 위해 호밀, 라이그래스, 알팔파 등 화곡류나 콩과작물을 하층식생으로 도입하는 초생재배(sod culture)를 실시함으로써 토양 침식 방지와 더불어 지력증진이 가능하고 외부로부터의 조망에 있어 상당한 경관개선 효과를 얻을 수 있다(일본 환경보전형 농업기술지침 검토위원회, 1997). 급경사로 인하여 농업활동이 불리한 4급지(N1e) 과수원(그림 3b-II 참조)에는 대상식생(substitute vegetation)으로 유도를 통하여 토양침식을 방지할 뿐만 아니라 주변의 산림과는 경관의 연속성을 유지할 수 있다고 보여진다(그림 3c-II 참조).

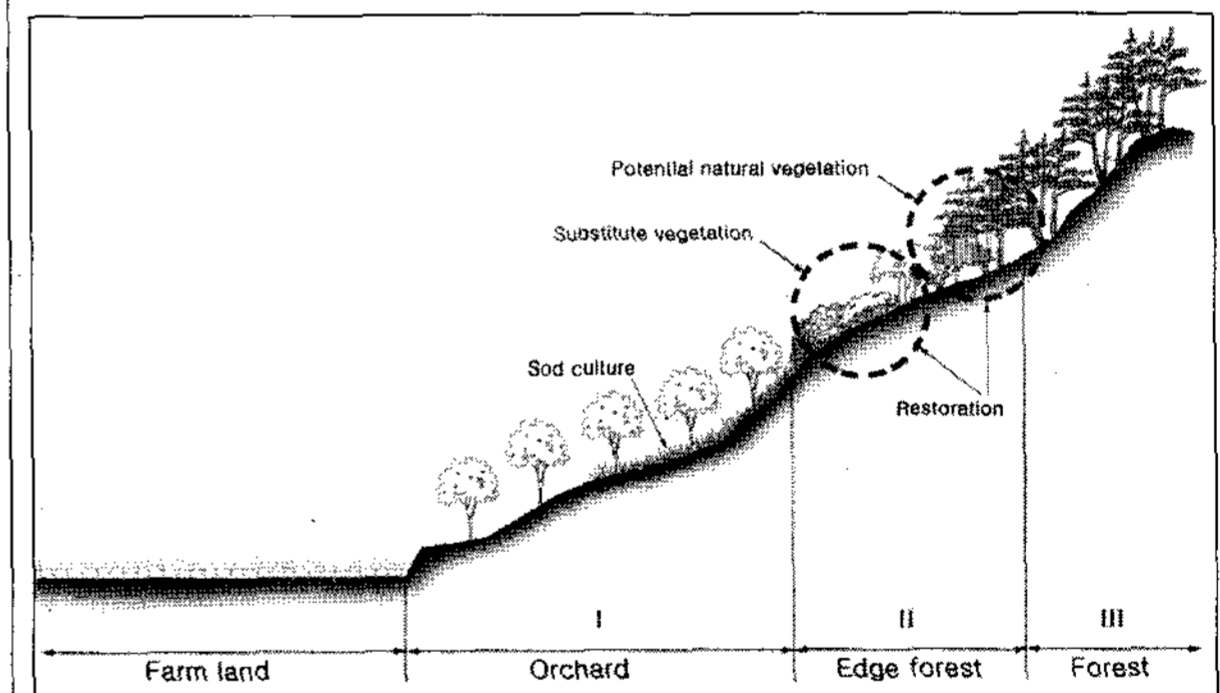
휴경 잠재성이 높은 것으로 평가된 토지는 3급지(S3s) 869.1ha이고, 휴경과 토양침식 잠재능이 동시에 존재하는 농경지로서 4급지(N1es)는 174.9ha, 5급지(N2es)는 110.6ha 존재하였다(그림 4a 참조). 이들 지역은 접근성도 나쁘고 토양침식 가능성도 높는데, 휴경 가능성과 토양침식 가능성이 함께 존재하는 지역은 휴경지 관리를 위해 지표면 식생을 유지함으로써 토양침식 잠재성도 줄일 수 있을 것으로 판단되므로 다음과 같이 휴경지 관리에 중점을 두어 관리방안을 제시하였다. 첫째, 접근성과 이용성이 모두 어려운 5급지(N2es)의 경우에는 자연 휴경을 통한 잠재자연식생(potential natural vegetation)으로의 천이를 자연스럽게 유도하는 '복원'법을 적용할 수 있다(그림 4c-III 참조). 둘째, 이용성은 불량하지만 접근성이 나쁘지 않은 4급지(N1es)의 경우에는 진달래(*Rhododendron mucronulatum*), 억새(*Miscanthus sinensis var. purpurascens* Rendle), 개나리(*Forsythia koreana* Nak.)와 같은 야생초와 매화(*Prunus mume* Sieb. et Zucc), 산수유(*Cornus officinalis*) 등과 같은 유실수를 도입하여 지역 고유의 경관을 개선하는 '창출'법을 일부 적용할 수 있다(그림 4c-II 참조). 이들 지역들은 주민 혹은 관광객에게 조망이 잘 되는 지역이므로 적극적인 방법으로 조건불리지역 경관개선을 도모할 필요가 있다. 셋째, 접근성과 이용성이 4·5급지보다 양호하지만, 인구의 급감으로 인하여 휴경 잠재성이 높아진



a: 토양침식지역(예시)



b: 토양침식지역 횡단면



c: 경관개선 후 토양침식지역 횡단면

그림 3. 토양침식지역 경관개선 제언

지역에 대해서는 더덕, 당귀, 도라지, 약모밀 등 특용작물을 재배함으로써 최소한의 노동력으로 소득도 얻을 수 있는 실용적인 토지활용으로의 전환이 필요하다(그림 4c-I 참조).

이상의 방법으로 조건불리지역의 경관이 개선된다면, 홍수 피해에 의한 5급지는 하천 혹은 습지로, 4급지는 경관농업지역으로 변환되고, 휴경에 의한 3급지는 특용작물 재배농지로, 휴경 및 토양침식에 의한 4급지(N1es)는 자생식물이 투입된 산림으로, 5급지(N2es)는 휴경을 통한 산림으로 전환될 것으로 기대된다. 토양침식에 의한 3급지(S3e)는 초생재배를 겸하여 과수원으로 활용될 수 있고, 4급지(N1e)는 복구를 통하여 다시

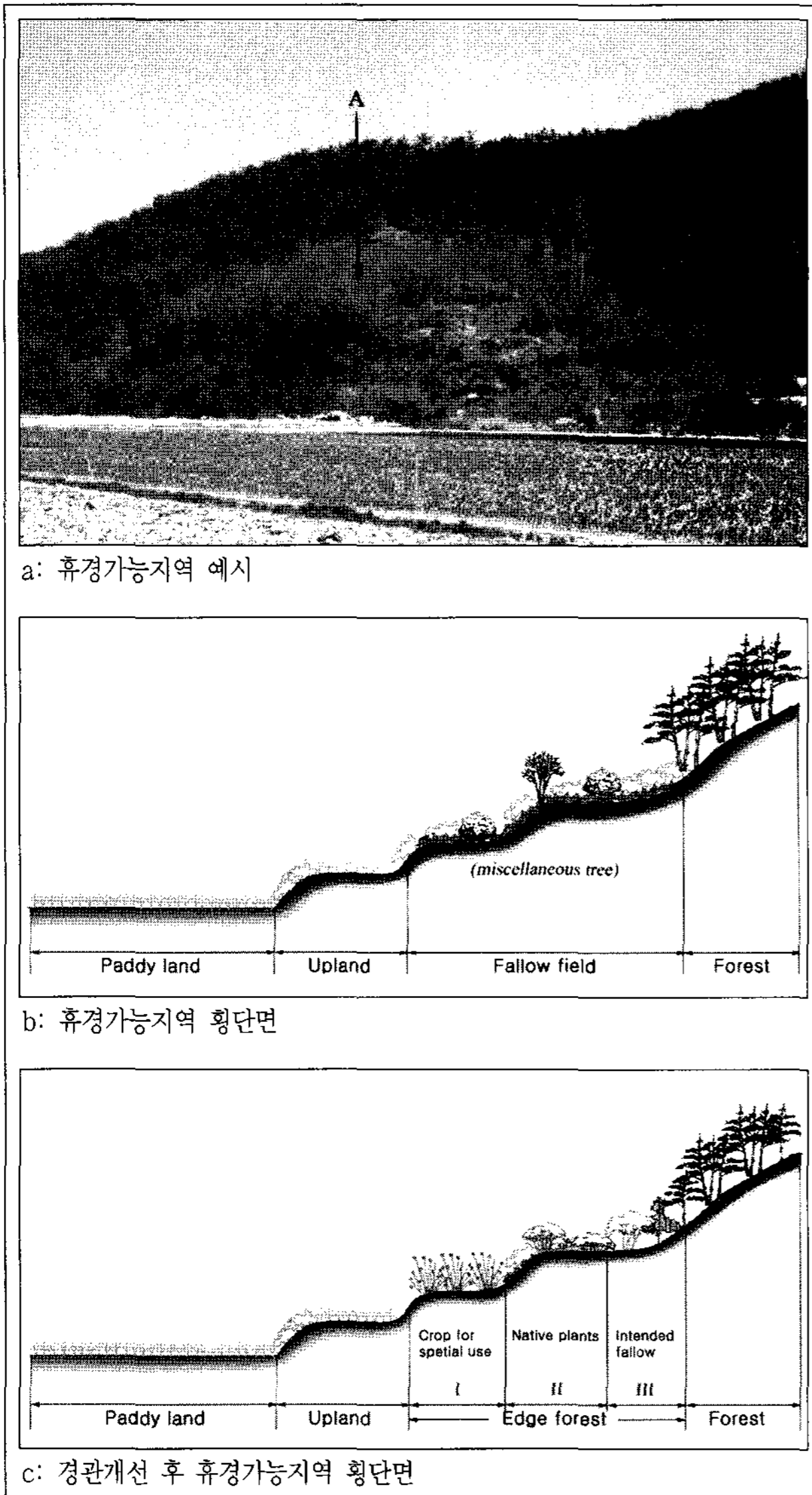


그림 4. 휴경가능지 경관개선 제안

범례: A: 휴경지 예시

산림으로 복원될 것이다.

### 3. 조건불리지역 경관개선에 따른 경관구조 변화

조건불리지역의 경관개선 과정에서 구하여진 농촌경관 개선 전후의 경관생태학적 구조변화를 파악하고자 경관지수를 활용하여 복원 전과 후의 경관구조를 비교·평가하였다. 앞 절에서 제안한 조건불리지역 개선방안에 따라 조건불리지역에 해당하는 3급지와 4·5급지의 토지를 관리하게 되면, 이들 지역은 습지(완충지역)와 산림으로 회복된다. 본 절에서는 조건불리지역의 토지를 현재와 동일하게 활용했을 경우와 습지·산림으로 개선된 경우의 경관구조 변화를 상호 비교하고자 경관평가를 실시하였다. FRAGSTATS 3.3을 이용하여 경관개선 전후의

경관지수를 분석한 결과 그림 5, 6과 같이 구하였다.

그 결과, 과수원 중 조건불리지역의 요건을 가진 지역이 산림으로 복원되면서 산림패치의 면적은 2,542.88ha에서 2,657.16ha로 4.49% 증가하였으나, 패치수도 117개소에서 132개소로 증가하였다. 휴경중인 과수원은 일부가 산림으로 복원됨에 따라 0.64ha에서 0.28ha로 그 면적이 감소하였지만, 패치의 수는 211개소에서 284개소로 더 세분화되면서 패치간 많은 단절이 발생할 수 있을 것으로 예상하였다.

경관비율(PLAND)로 보면, 산림이 61.48%에서 64.22%로 증가한 반면 과수원은 6.80%에서 4.62%로 감소하였고, 논과 밭도 조금씩 감소하였다. 토지평가에서 나타난 S3, N1, N2의 조건불리지역들이 산림으로 회복하게 되면 산림의 면적은 증가하겠지만 조건불리지역이 다수 존재하는 과수원과 논·밭의 일부가 산림으로 변하기 때문에 과수원과 논·밭의 패치는 감소하게 된다. 최대패치지수(LPI) 또한 산림에서 21.37에서 47.95로 크게 증가한 반면, 과수원에서는 1.97에서 0.29로 급격히 감소하였고, 논과 밭의 LPI는 거의 변화가 없었다. 과수원 내에 존재하는 조건불리지역의 면적은 당초 281.44ha에서 191.32ha로 줄면서 과수원 패치가 작게 파편화되고 최대패치의 크기도 현저히 감소하게 되지만, 반대로 산림은 과수원 등에서 복원된 패치들이 산림과 인접하여 보다 큰 패치를 형성함으로써 최대패치의 면적이 상대적으로 증가할 것으로 예상하였다. 경관형태지수(LSI)에 의하면, 산림과 논, 밭에서 경관형태가 다양한 것으로 나타났지만, 이들 지목 내에 존재하는 조건불리지역을 개선하더라도 경관의 형태적 다양함이 크게 변하지 않을 것으로 예상하였다. 반면, 과수원의 경관형태지수는 18.36에서 24.03으로 크게 증가함에 따라 과수원 패치들이 산림으로 회복되는 과정에서 남아있는 과수원 패치의 형태가 더 복잡해질 것으로 예상하였다. 산재·병렬지수(III)는 밭과 산림, 논에서 높게 나타났으나 조건불리지역 개선에 의해 그 값이 크게 변경되지는 않았다. 즉, 밭과 산림, 논에 인접하여 다양한 토지이용이 이루어지고 있었으나 조건불리지역 개선에 따라 경관을 개선하더라도 인접한 패치의 다양성이 급격히 변하지는 않을 것으로 나타났다. 반면, 과수원은 조건불리지역 개선 후에 주변의 토지이용 패치가 단순해진 것으로 나타났다. 각 토지이용별 조건불리지역의 많은 부분이 경관개선 과정에서 산림으로 변경됨에 따라 핵심지역면적(TCA) 또한 산림에서 크게 증가한 것으로 나타났다. 가장자리의 폭 50m를 제외한 핵심지역의 면적이 크다는 것은 그 만큼 내부종의 서식에 유리하여 결과적으로 안정적인 생태계 먹이사슬을 형성할 수 있다고 말할 수 있다. 반면, 과수원의 핵심지역 면적은 64.36ha에서 7.40ha으로 크게 감소한 것으로 나타났고, 휴경 과수원과 축사, 휴경 논에서는 핵심지역이 존재하지 않았다.

이상을 종합해 볼 때, 조건불리지역 내 발생하고 있는 토지



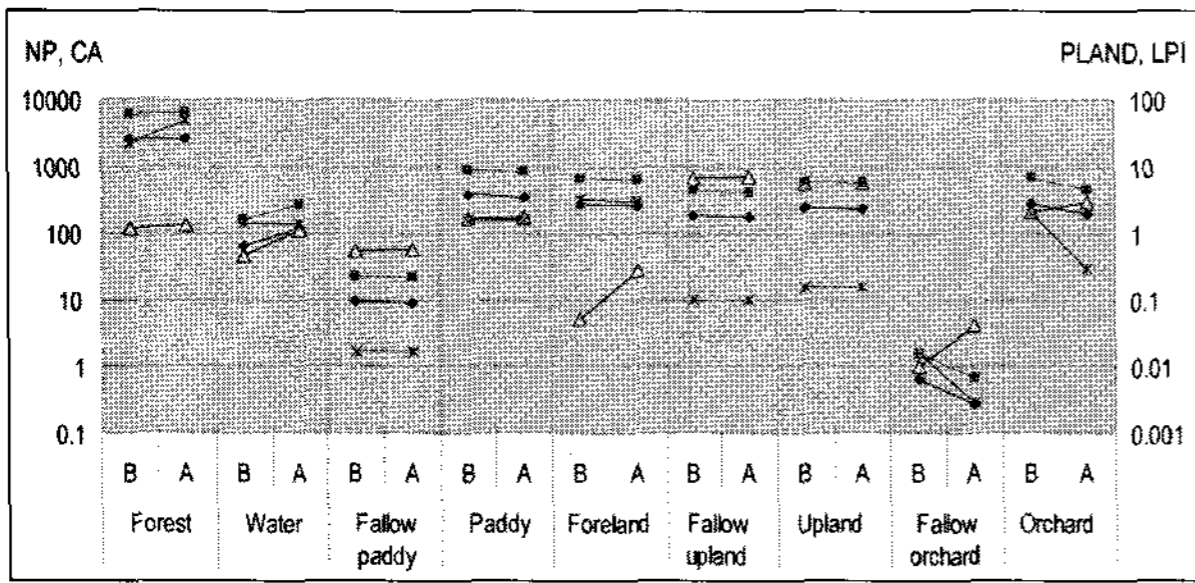


그림 5. 패치 면적·밀도·가장자리 관련 경관지수(B: 경관개선 전, A: 경관개선 후)

범례: ● CA, ▲ NP, ■ PLAND, \* LPI  
 CA: Class area, NP: Number of Patches, PLAND: Percentage of Landscape, LPI: Largest Patch Index

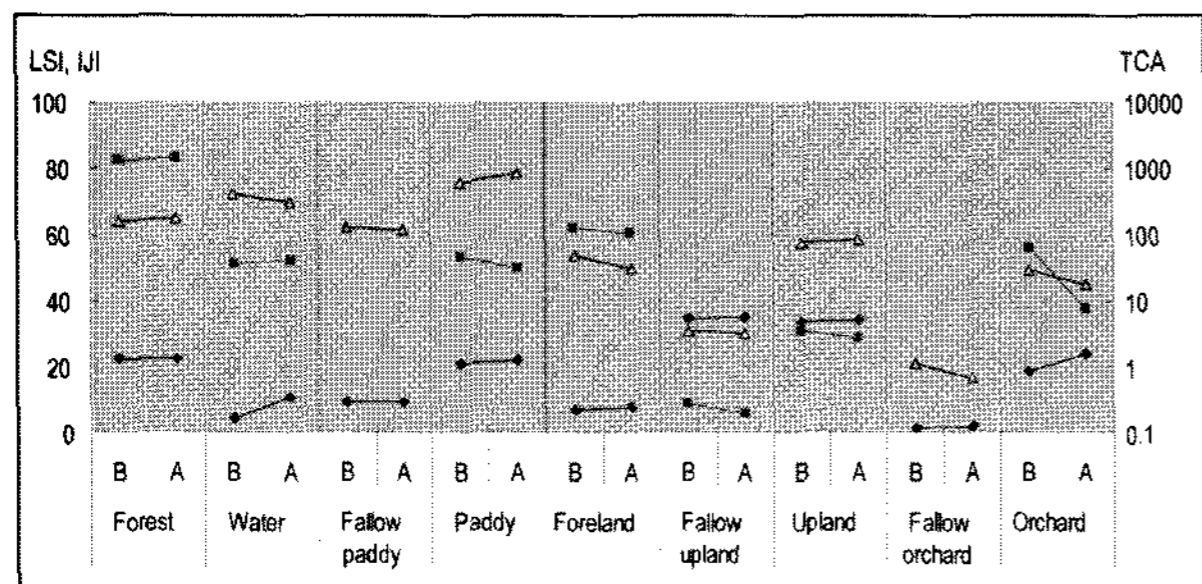


그림 6. 경관구성 및 핵심지역 관련 경관지수(B: 경관개선 전, A: 경관개선 후)

범례: ● LSI, ▲ IJI, ■ TCA  
 LSI: Landscape Shape Index, IJI: Interspersion and Juxtaposition Index, TCA: Total Core Area.

이용 제한인자를 제거하는 방향으로 관리할 경우, 산림의 패치 면적지수, 경관비율지수, 최대패치지수, 핵심면적지수들이 높아짐에 따라 야생동물의 서식을 위해 더 유리하고 종다양성 또한 높일 수 있을 것으로 기대된다. 그러나 패치의 수는 일시적으로 증가하기 때문에 이들 패치의 연결 가능성과 연결방안에 대한 지속적인 관심이 필요하다.

#### IV. 결론 및 제언

본 연구는 창녕군 이방면을 대상으로 토지이용 제한인자인 홍수피해, 토양침식 그리고 휴경 잠재성을 종합한 토지평가에 따라 조건불리지역으로 선정된 지역에 대하여 경관복원을 위한 제언을 하고 이를 바탕으로 경관복원 전후의 경관구조 비교를 통하여 경관개선 효과를 평가하고자 하였다. 그 결과 다음과 같은 결론을 얻었다. 첫째, 토지평가 결과 연구지역 내 농경지 면적 2,924.34ha 중 1급지는 388.56ha, 2급지는 623.25ha 존재하였고, 3급지는 138.08ha, 4급지는 230.44ha 그리고 5급지는 67.91ha 존재하였다. 이 중 농업활동뿐만 아니라 그에 따른 경관훼손도 심각한 것으로 평가된 3급지 이하의 조건불리지역이

경관에 미치는 영향을 고려하여 농촌경관의 질적 개선이 요구되었다. 둘째, 홍수피해 잠재성이 높아 4급지(N1w)와 5급지(N2w)로 평가된 지역은 각각 194.91ha와 60.89ha로 나타났는데, 이들 지역은 습지로 복원하거나 습지보호를 위한 완충지역으로 조성하여 습지를 보호할 수 있도록 제안하였고, 이때 편입농경지에 대하여 경관보전직접지불제를 도입하게 되면 농경지 소유 주민이 안심하고 참여할 수 있을 뿐만 아니라 계획적인 경관농업의 수립에 따른 지역경관 개선에도 기여할 수 있다. 셋째, 토양침식 잠재성에 의해 나타난 3급지(S3e)는 총 51.88ha였고, 4급지(N1e)는 23.1ha가 분포하였다. 연구지역 내 농경지들의 경사가 평균적으로 급하여 침식가능성이 매우 높았고, 특히, 운영 중인 과수원의 평균경사는 20.94°(46.53%)로 토양침식 방지를 위한 대책이 시급한 실정이다. 토양침식 잠재성이 높은 과수원의 지표면 안정과 경관복원을 위해 3급지(S3e) 과수원에 대하여 지력 증진과 토양침식 방지·경관유지를 위해 호밀, 라이그래스, 알팔파 등 화곡류나 콩과작물을 하층식생으로 도입하는 초생재배 적용이 가능하고, 급경사로 인하여 농업활동이 불리한 4급지(N1e) 과수원에 대상식생을 조성하면 토양침식을 방지하고 주변식생과 경관의 연속성을 유지할 수 있다고 보여진다. 넷째, 휴경 잠재성이 높은 것으로 평가된 농지는 3급지(S3s) 82.47ha 존재하였고, 휴경과 토양침식 잠재성이 동시에 존재하는 농경지로서 4급지(N1es)는 13.94ha, 5급지(N2es)는 7.02ha 존재하였다. 이들 지역의 경관복원을 위해 접근성과 이용성이 모두 어려운 5급지(N2es)에는 자연 휴경을 통한 잠재자연식생으로의 천이를 자연스럽게 유도하는 '복원'법을 적용할 수 있고, 이용성은 불량하지만 접근성이 나쁘지 않은 4급지(N1es)의 경우에는 진달래, 억새, 개나리와 같은 야생초와 매화, 산수유 등과 같은 유실수를 도입하여 지역 고유의 경관을 개선하는 '창출'법을 적용하는 것이 바람직한 것으로 보여진다. 또한, 접근성과 이용성이 4·5급지보다 양호하지만 농업인구의 급감으로 인하여 우량농지 중심으로 농업활동이 축소되면서 휴경 잠재성이 높아진 지역에 대해서는 더덕, 당귀, 도라지, 약모밀 등 특용작물을 재배함으로써 최소한의 농업활동으로 고소득을 얻을 수 있는 실용적인 토지활용이 가능하다고 사료된다. 다섯째, 조건불리지역에서 훼손된 경관을 경관개선 계획에 따라 복원하였을 경우, 복원 전후의 경관생태학적 구조변화를 파악하고자 경관지수를 활용하였다. 결과적으로, 산림은 그 패치의 수, 경관비율, 최대패치지수, 경관형태지수, 산재·병렬지수, 그리고 핵심지역 면적에서 모두 증가한 반면, 논·밭과 과수원에서는 패치수, 경관형태지수를 제외한 대부분의 지수에서 감소하는 것으로 확인되었다. 이는 논·밭과 과수원의 조건불리지역들이 산림으로 복원되면서 기존의 큰 패치들이 되어 패치수가 증가하거나 경관의 형태는 더욱 다양해질 것으로 예상되었다. 단, 산재·병렬지수는 논·밭과 과수원에



서 서로 상반된 지수변화를 보여주고 있는데, 논·밭에서는 증가하였으나, 과수원에서는 감소한 것으로 보였다. 그 원인으로 는 산림으로 복원되는 과정에서 논·밭 주변의 토지이용은 다양해졌다고 할 수 있는 반면 과수원 주변의 토지이용은 단순해 졌다고 볼 수 있다.

이상에서 살펴본 농촌지역의 휴경·토양침식·홍수피해는 농업활동을 제한하는 주요 인자이며 앞으로 토지적성평가 등 농촌지역에서 발생할 수 있는 영향을 평가하는 잣대로서 충분히 가치있는 인자라 여겨진다. 다만, 농촌의 경관을 훼손하고 있는 다른 인자들이 있을 수 있음에도 불구하고 세 가지의 제한인자만으로 농촌지역 전반의 경관을 평가한다는 것은 보편 화에 다소 어려움이 있을 수 있다고 보여지며, 따라서, 농촌경 관 평가의 정량화를 위해 관련된 다른 인자들의 고려도 필요로 하며 향후 지속적인 연구가 요구된다.

- 주 1. 경관생태학에서 말하는 경관이란 국지생태계의 집합이 몇 km 넓 이의 공간에 걸쳐 같은 형태로 반복되어 나타나는 토지모자이크를 의미한다.
- 주 2. 이항반응이란 질문 또는 실험에 대한 반응이 '성공' 또는 '실패', '살다' 또는 '죽다' 등과 같이 두 개의 범주로만 구성되어지는 것을 일컫는데, 이를 흔히 가변수(dummy variable)라고 하며, 이진법변 수(binary variable)라고도 한다.
- 주 3.  $e_i$ : class  $i$ 의 가장자리 길이의 총합,  $\min e_i$ : class  $i$ 의 최소 가장자 리 길이의 총합
- 주 4. 1급지(S1), 2급지(S2), 3급지(S3), 4급지(N1), 5급지(N2)
- 주 5. NRCS의 습지보전계획에서는 습지를 영구부하경감, 30년 부하경감, 복구비용 분담의 세 가지 형태로 나누어 시행하여 습지보호 내지 는 복원을 위한 주민참여를 유도하고 있다. 토지소유주가 영구적 으로 습지를 보존할 경우에는 소유토지에 대한 농업적 가치를 전 액 보상받고 습지를 복원하는데 소요되는 경비 전액을 지불하도록 하였고, 30년 간 습지를 보전할 경우에는 영구부하 경감 시 지급 받는 금액의 75%를 받도록 정하였다.

## 인용문헌

1. 강병화, 심상인, 마경호(2003) 휴경 연차에 따른 휴경군락내 식생 특성. 한국환경농학회지 22(1): 53-59.
2. 김가현, 이영래, 서진호, 민일규(2001) 남사천 하류지역 홍수피해 분석. 한국환경과학회지 10(3): 217-223.
3. 나영은, 노기안, 이상범, 한민수, 박무언(1996) 휴경답 생태계의 토양특 성 변화와 식생의 생태 천이. 한국토양비료학회지 29(2): 199-206.
4. 박의정, 김철, 김석규, 이치열(2002) GIS를 이용한 함평천유역의 침수 취약지역 분석. 한국지리정보학회 추계학술발표대회 논문집: 48-57.
5. 윤용남, 김형수, 박무종, 김상단(2000) 불확실성 분석을 고려한 홍수피 해 저감계획. 한국수자원학회 춘계학술박람회 논문집: 382-387.
6. 이응경(1998) Trend of forest fragmentation in the lower region of the Han river basin, 서울대학교 환경대학원 석사학위 논문.
7. 이한방(2001) 과소농촌지역의 휴경화 현상에 관한 연구. 서울대학교 박사학위논문.
8. 장갑수, 박인환(1999) 경상북도 4개 도시의 녹지파편화 현상 비교. 한국환경영향평가학회지 8(4): 13-23.
9. 정필균(1983) 토양유실량 예측을 위한 강우인자의 분석. 한국토양비료 학회지 16(2): 112-118.
10. 최진규, 구자웅, 손재권(1998) 토양유실량예측공식 USLE 적용과 단위 변환. 한국토양비료학회지 31(3): 301-308.
11. Forman, R. T. T(1995) Land Mosaics, Cambridge University press.
12. Mcgarigal, K.(2002) Landscape pattern metrics. pages 1135-1142 in A. H. El-Shaarawi and W. W. Piegorsch, eds. Encyclopedia of Environmetrics, pp. 1135-1142. John Wiley & Sons, Sussex, England.
13. Mcgarigal, K. and B. J. Marks(1994) Spatial pattern analysis pro- gram for quantifying landscape structure. Oregon State University.
14. Mcgarigal, K., Cushman, S. A., Neel, M. C. and E. Ene(2002) FRAG- STATS: Spatial pattern analysis program for categorical maps, com- puter software program produced by the authors at the University of Massachusetts, Amherst, <http://www.umass.edu/landeco/research/fragstats/fragstats.html>.
15. Wischmeier, W. H. and D. D. Smith(1978) Predicting rainfall erosion losses-a guide to conservation planning, U. S. Department of Agriculture, Agriculture Handbook No. 537.

원 고 접 수 일: 2008년 3월 20일  
 심 사 일: 2008년 4월 23일 (1차)  
 2008년 5월 2일 (2차)  
 계 재 확 정 일: 2008년 5월 13일  
 3 인 의 명 심 사 필