

## 국내 도로노선의 친환경도 평가 분석

### Assessment of Environment - Friendly Degree in Road routes

강 호 근 Kang, Ho Geun  
김 상 태 Kim, Sang Tae  
김 흥 래 Kim, Heung Rae  
박 태 권 Park, Tae Kweon  
안 성 순 An, Seong Sun  
이 상 은 Lee, Sang Eun

정희원 · 평화엔지니어링 기술연구원 선임연구원 · 주저자 · 공학박사 (E-mail : angelg@dreamwiz.com)  
평화엔지니어링 기술연구원 책임연구원 (E-mail : stkim99@hanafos.com)  
정희원 · 평화엔지니어링 기술연구원 부사장 (E-mail : hrkpro@hanmail.net)  
정희원 · 평화엔지니어링 기술연구원 상임고문 · 공학박사 (E-mail : tkpark@pec.ne.kr)  
정희원 · 평화엔지니어링 기술연구원 원장 · 공학박사 (E-mail : ssahn114@hanmail.net)  
아주대학교 환경건설교통공학부 교수 · 공학박사 (E-mail : leese@ajou.ac.kr)

#### ABSTRACT

This research has proposed a quantitative environmental assessment method of road routes based on the various policies and literature, and applied such proposal to the planned road routes to evaluate the environment-friendly road routes. Accordingly, the case sections per each region of Joong-bu, Gang-won, and Nam-bu were selected to execute the proposed environmental assessment method. Consequently, it has been confirmed that the distribution of environmental score of the subject region of each case section varied. In particular, for the Gang-won region, the high scores took up the most. Also, to indicate the degree of environment per each section, a route which minimizes the environmental effects per subject region was created to analyze the environmental degree per each section. As a result, the section in the region with the highest environmental sensitivity, in other words the Gang-won region with many high scores, had the lowest environmental degree.

#### KEYWORDS

*environment-friendly road, road alignment, environmental assessment, environmental score, environmental degree*

#### 요지

본 연구에서는 노선선정과정에서 정량적으로 환경성을 평가할 수 있는 방법에 대한 각종 제도 및 문헌을 고찰해 보고, 이를 바탕으로 도로노선의 정량적 환경성 평가 방법을 제안하였으며 이를 국내에 계획된 도로노선에 적용하여, 국내도로에 대한 친환경성을 평가하였다. 이에 따라 중부권, 강원권, 남부권의 지역별 사례구간을 선정하고 제안된 환경성 평가방법을 수행하였다. 그 결과 각 지역별 사례구간의 해당 지역에 대한 환경점수대의 분포가 다양하게 나타남을 확인하였다. 또한 각 노선의 환경적인 정도를 나타낼 수 있도록 해당지역의 환경영향 최소화 경로를 생성한 후 이를 기준으로 각 노선의 친환경도를 분석하였다. 그 결과 지역의 환경적 민감도가 큰 지역 즉, 높은 점수대가 많은 지역인 강원권에 설계된 노선의 친환경도가 가장 낮게 분석된 결과를 볼 수 있었다.

#### 핵심용어

*친환경 도로, 노선선정, 환경성 평가, 환경점수, 친환경도*

#### 1. 서론

도로건설사업은 계획단계, 설계단계, 및 시공 단계 별로 추진되며 각 단계 과정에서 다양한 의사결정 시스템을 적용하여 최종 설계를 확정하여 시공이 이루어진다. 그러나 사업계

획의 구상단계에서 사업 타당성을 분석할 때, 경제적 편익, 교통소통효과, 이용자의 편익 위주로 판단되기 때문에 상대적으로 경제성 분석이 어려운 환경성은 거의 무시되고 있는 실정이다. 더구나 현행 기본계획단계의 사전환경성검토나 기

본설계 후 시행되는 환경영향평가 자체만으로는 도로사업의 환경성 평가가 정량화될 수 없는 실정이다.

따라서 앞으로도 추진될 도로건설 사업들도 자연환경 훼손을 초래하게 될 가능성이 높아 이에 따른 사회갈등 및 국고손실이 지속적으로 발생할 것이고, 도로사업 착수 후 노선 및 선형 변경이 필요하게 되는 경우도 계속 발생할 것이므로 이에 대처하기 위해 사전에 자연환경을 보다 충분히 고려하여 노선 및 선형 선정이 이루어져야 한다.

따라서 노선이 계획되기 전에 주변지역의 환경성을 평가하고 가장 친환경적인 경로를 제시해 주어 설계자의 이해를 도울 수 있는 기법이 필요하다.

친환경·지능형 도로설계연구단에서는 그와 같은 이유로 인하여 환경친화적인 도로노선선정기법을 제안하고, 그에 따른 알고리즘을 개발하였다. 이 방법은 도로계획주변지역에 대한 환경성을 평가하기 위해 평가항목 및 지표를 도출하고, 이를 AHP를 이용하여 정량화 시켜 가장 낮은 점수대를 통과하는 노선을 선정하도록 하는 방법이다.

본 연구에서는 친환경 지능형 도로설계연구단에서 개발된 환경친화적인 도로노선선정기법에 대한 적용성을 파악하고자 하였다. 이는 설계가 완료되어 건설공사가 예정된 노선에 개발된 기법을 적용하여 가장 친환경적인 경로와 실제 노선을 비교하여 보고 이를 통하여 실제 노선의 친환경성을 평가하였다.

## 2. 친환경 도로노선 선정 및 환경평가 기법

### 2.1. 친환경 도로노선 선정을 위한 평가항목 및 지표 도출

친환경·지능형 도로설계연구단에서 개발된 친환경 도로노선 선정 및 환경평가기법을 간단히 살펴보면 다음과 같다.

이 연구에서는 환경친화적 도로 노선대 선정을 위하여 도로 건설 사업으로 인해 환경훼손을 가져오는 요인에 관한 분석을 바탕으로 영향범주를 구체화 시킨 후, 이에 관한 다양한 등급화 사례 및 법적 규제에 관한 문헌조사를 수행하였다. 정량화 모델로는 AHP(Analytic Hierarchy Process)를 선택하였다. 계층화분석과정(AHP)은 1960년 미국 피츠버그대 교수인 T. L. Saaty에 의해 제안된 방법으로 다기준의사결정법 중에서 가장 널리 쓰이는 방법이다. 도출하고자 하는 목표를 위해 전 과정을 다수의 계층으로 설계한 후, 계층별 기준 및 대안들의 중요도를 서로 비교하는 쌍대비교(Pairwise Comparison)를 통해 의사를 체계적이고 쉽게 분석할 수 있다.

친환경 도로노선 선정기법 연구에서는 가장 환경친화적인 경로를 도출하기 위해 도로건설 사업의 특성과 연구의 목적에 근거하여 다양한 영향요인을 규명하고, 요인들 간의 연결고리와 영향관계를 파악하는 작업을 바탕으로 하여 도로건설시 주변지역에 환경적 영향을 받을 수 있는 평가항목 및 지표를 선정·도출하였다. 평가항목은 기존의 법·제도 및 연구 문헌 등을 토대로 도로건설과 관련된 환경영향을 고려하여, 자연환경과 생활환경으로 나누어 선정하였다. 자연환경은 동·식물, 지형·지질, 토양생태의 세 가지 항목으로, 생활환경은 대기질, 수질, 소음·진동, 토지이용, 위락·경관의 다섯 가지 항목으로 각각 구체화시켰으며, 이는 계층화분석기법(AHP)을 적용하여 가중치를 부여하는 평가단위가 된다. 평가지표는 우선 각 항목별로 관련된 법적 규제를 검토하여 법적 기준으로 삼았으며, 관련 GIS 자료 및 문헌 조사를 바탕으로 연구의 목적에 부합되는 환경적 기준을 선정·개발하였다.

항목별로 선정한 지표들은 환경성을 평가하게 되는 기준이 되지만, 지표들은 각기 상이한 단위 및 분류체계를 가지므로

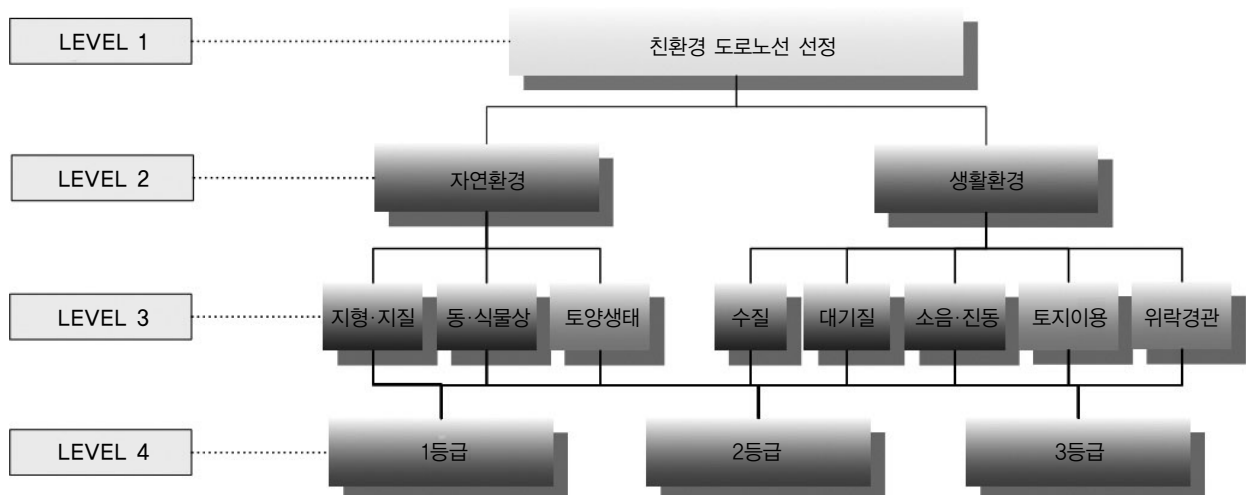


그림 1. 평가항목 및 지표의 구조화(structuring) 체계

이를 조정할 필요가 있다. 따라서 개별 평가지표들의 등급분류를 실시하였으며, 보존가치의 중요도와 훼손에 따른 복구대안의 여부에 따라 평가지표를 3등급 체계로 분류하였다.

선정된 평가항목 및 지표에 대한 평가항목의 가중치를 선정하기 위해서는 먼저 평가기준의 쌍대비교가 수행되어야 한다. 따라서 국내 환경 및 도로 전문가 30인에 대하여 8개 항목 및 각 지표에 대한 쌍대비교(Pairwise Comparison)를 수행토록 하였으며, 회수된 설문에 대하여 개개인별로 일관성비율(Consistency Ratio)을 계산하였고, 신뢰성이 부족하다고 판단되는 즉, 일관성 비율이 0.1 이상인 응답자는 가중치 산출 표본에서 제외시켜 최종 20인에 대한 응답을 종합하여 가중치를 도출하였다.

평가항목 및 지표들의 쌍대비교는 계층화분석기법에 따라 일반적으로 널리 사용되고 있는 척도인 9점 척도를 이용하여 평가하도록 하였으며, 완성된 설문지의 결과를 바탕으로 계층화분석기법 분석 프로그램인 Expert choice 11.5를 이용하여 가중치를 분석하였다.

전문가들을 대상으로 설문조사를 실시 후 계층별 가중치를 계산한 결과는 아래 표 1과 같다. 산출된 최종가중치를 토대로 판단할 때, 동·식물상 1등급에 대한 지표가 환경친화적인 도로노선 선정에 가장 영향을 주는 평가지표로 분석되었고, 지형·지질 1등급, 토양생태 1등급 등 자연환경에 관련된 지표가 우선순위에서 높게 나타났다. 반면 가장 낮게 평가된 평가지표는 토지이용 3등급, 위락·경관 3등급 등으로 분석되었다.

표 1. 환경성 평가항목 종합 가중치 산출 결과

| 구 분  | 등급별 가중치 |       |       |       |
|------|---------|-------|-------|-------|
|      | I       | II    | III   |       |
| 자연환경 | 지형·지질   | 0.177 | 0.055 | 0.022 |
|      | 동·식물상   | 0.208 | 0.060 | 0.023 |
|      | 토양생태    | 0.072 | 0.026 | 0.012 |
| 생활환경 | 수질      | 0.063 | 0.018 | 0.007 |
|      | 대기질     | 0.056 | 0.021 | 0.009 |
|      | 소음·진동   | 0.052 | 0.016 | 0.007 |
|      | 토지이용    | 0.030 | 0.011 | 0.005 |
|      | 위락·경관   | 0.035 | 0.011 | 0.005 |

## 2.2. 환경점수 산출

정량화된 환경정보는 수치로 표현되기 때문에 지역 및 노선에 대하여 점수를 산출할 수 있다. 이는 강호근(2010)의 연구에서 자세히 설명되어 있다. 이를 살펴보면 다음과 같다.

먼저 각 평가항목별 해당등급의 가중치는 식(1)을 통하여 구해진다.

$$W_i^\alpha = w_i^\alpha \cdot w_{L2}^\alpha \cdot w_{L3}^\alpha \quad (i = 1, 2, 3) \quad (\alpha = 1, 2 \dots 8) \quad (1)$$

$W_i^\alpha$  :  $\alpha$ 평가항목의 해당등급에 대한 최종 가중치

$w_i^\alpha$  :  $\alpha$ 평가항목의 등급별 가중치

$w_{L2}^\alpha$  :  $\alpha$ 평가항목의 해당 주기준(Level 2) 가중치

$w_{L3}^\alpha$  :  $\alpha$ 평가항목의 해당 세부기준(Level 3) 가중치

이를 토대로 평가되는 격자 하나당 환경점수는 식(2)와 같다. 여기서  $E_{cell}$ 의 환경점수는 0.693점 이상을 벗어나지 못한다. 이는 해당 격자내에 환경평가가 8개 항목 모두 1등급을 부여 받았다면 각 항목별 1등급 종합가중치의 합인 0.693점을 받게 되기 때문에 그 이상 점수는 나타나지 않는다.

격자의 크기는 설계자 및 사용자에게 따라 달라질 수 있으며, 본 연구에서는 정보의 손실을 최대한 줄이기 위하여 10m×10m로 하여 점수를 계산하였다.

$$E_{cell} = \sum_{\alpha=1}^8 W_i^\alpha \quad (i = 1, 2, 3) \quad (0 < E_{cell} \leq 0.693) \quad (2)$$

격자당 환경점수를 이용하여 노선이 선정될 평가대상영역 전체의 환경점수는 식(3)과 같이 계산될 수 있다.

$$E_{zone} = \sum_{j=1}^n E_{cell,j} \quad (j = 1, 2, 3 \dots n) \quad (3)$$

$j$  : 각 격자의 번호

$n$  : 최종 격자 번호

이렇게 평가되는 평가대상영역 환경점수는 그 지역의 환경성이 높고 낮음을 판단할 수 있으며, 도로건설공사 별 비교등을 통해 환경성이 높은 지역은 특별히 유의하며 노선을 선정할 필요가 있음 등의 정보를 제공할 수 있다.

연구기법을 통해 선정되는 환경친화적인 최적노선 및 다른 대안 노선 등의 환경성 평가를 위한 노선의 환경점수는 식(4)와 같이 계산될 수 있다.

$$E_{route} = \sum_{row} E_{cell} \quad (4)$$

$row$  : 노선이 통과하는 격자

노선환경점수( $E_{route}$ )는 대안노선별 환경점수를 제공하여 대안노선의 환경성 비교를 직·간접적으로 할 수 있으며, 이는 설계자 및 사용자로 하여금 노선 결정 등 의사결정 수단으로

활용할 수 있다.

또한 각 평가항목별 노선 점수를 같은 방법으로 산출할 수 있으며, 이를 통하여 노선이 통과됨으로 인하여 가장 영향을 많이 받을 수 있는 평가항목을 도출할 수 있다. 이는 노선이 선정된 후 건설 및 세부 설계시 환경성의 영향이 큰 항목에 대하여 환경친화적인 도로 건설에 대한 설계기법 등을 고려할 수 있는 정보를 사전에 제공할 수 있다.

각 노선에 대한 환경점수는 각 노선에 대한 환경적 영향을 간접적인 크기로 비교해 주기 때문에 도로건설 프로젝트별 환경적인 영향에 대한 비교는 어렵다. 예를 들어 어느 한 노선이 다른 노선에 비하여 환경적으로 영향을 끼치지 않음에도 불구하고 노선의 길이가 길어 환경점수가 높아질 수도 있는 경우도 발생할 수 있다. 따라서 본 연구에서는 노선별, 도로건설 프로젝트별 환경영향을 직접적으로 비교해 주기 위하여 노선의 환경훼손율과 환경보전율의 개념을 도입하였다.

환경훼손율은 노선이 통과함으로써 발생하는 환경훼손에 대한 정도를 비율로 나타낸 것이며, 환경보전율은 환경훼손율의 대칭되는 비율이다. 환경훼손율 및 환경보전율은 다음에 의해 도출될 수 있다.

$$D_{route} = \frac{E_{route}}{E_{route}^{all=1grade}} \times 100(\%) \quad (5)$$

$D_{route}$  : 노선의 환경훼손율(%)

$E_{route}$  : 노선의 환경영향점수

$E_{route}^{all=1grade}$  : 노선이 모든 평가항목 1등급을 통과한다고 가정했을 때 환경점수

$$e_{route} = 100 - D_{route} \quad (6)$$

$e_{route}$  : 노선의 환경보전율 (%)

즉, 노선통과로 인한 환경훼손율은 노선이 통과하는 모든 격자가 모두 8개 평가항목 1등급을 통과하면 100%의 훼손율을 가져온다는 가정하에 노선의 환경점수를 평가하여 단순 점수의 비교가 아니라 정규화된 훼손율로 노선의 친환경성을 평가할 수 있다.

또한 도로노선 선정 대상 구역내에서 가장 친환경적인 노선은 환경영향 최소화 경로이기 때문에 이를 기준으로 하여 각 대안노선의 친환경도를 계산할 수 있다. 친환경도는 환경영향 최소화 경로의 환경보전율 대비 각 대안노선의 환경보전율을 평가하는 것이다.

$$E_{fr} = \frac{e_{route,ER}}{e_{route,MEIR}} \times 100(\%) \quad (7)$$

$E_{fr}$  : 노선의 친환경도(%)

$e_{route,ER}$  : 각 대안노선의 환경보전율

$e_{route,MEIR}$  : 환경영향 최소화 경로의 환경보전율

### 3. 사례구간 선정

사례구간 선정을 위하여 2005년~2007년까지 시행된 도로설계구간을 입수하여 분석하였다. 분석된 구간은 총 43개 구간으로 이 중 수도권 지역과 연안지역 등을 제외한 5개 구간(9개 공구)을 선정하였다.

또한 중부권 1개구간(2공구), 남부권 2개구간(4공구), 강원권 2개구간(5공구)로 나누어 선정하고 분석을 시행하였다.

표 2. 국내 도로노선 친환경성 분석을 위한 사례구간

| 구 간 | 개 요   |
|-----|---|
| 중부권 | 청양~홍성<br>국도 27호선, 1공구 : 11.7km, 2공구 : 11.1km<br>폭원 : 20m(4차로), 설계속도 : 70km                    |
|     | 설악~용천<br>국도 37호선, 1공구 : 12.9km<br>폭원 : 10.5m  |
| 남부권 | 고령~성주<br>국도 33호선, 1공구 : 10.64km, 2공구 : 10.40km,<br>3공구 : 8.04km<br>폭원 : 20m(4차로), 설계속도 : 70km |
|     | 문경지역<br>연계도로<br>군도 6호선, 1공구 : 6.2km<br>폭원 : 8.5m(2차로), 설계속도 : 60km                            |
| 강원권 | 태백~미로<br>국도 38호선, 2공구 : 14.2km, 3공구 : 11.1km<br>폭원 : 10.5m~20m                                |

### 4. 결과 및 고찰

#### 4.1. 중부권

##### 4.1.1. 청양~홍성 구간(1, 2 공구)

계획노선은 국도 27호선(보성~서산) 중 충청남도 청양군 청양읍 읍내리를 시점으로 하여 충청남도 홍성군 홍성읍 고암리를 종점으로 하는 기존 2차로를 4차로로 확장하는 노선이다. 노선의 연장은 총 22.8km이며 이 중 1공구는 11.7km, 2공구는 11.1km로 이루어져 있다. 노선의 폭원은 20m(4차로)로 계획되어 있다.

계획노선 주변의 특이사항으로는 야생동식물 보호구역과 상수원 보호구역이 존재하고 있으며, 그 외 특이사항은 발견되지 않았지만 기존 노선의 약 50% 정도가 신설노선으로 계획되어 산지를 통과하는 특징이 있다.

중부권의 사례구간인 청양~홍성 구간에 대한 환경성 평가

를 제안된 환경성 평가방법에 따라 실시하였다.

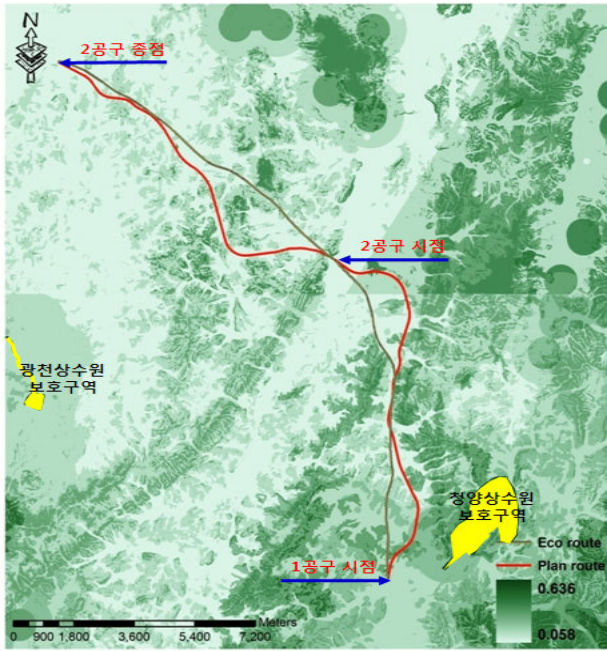


그림 2. 청양~홍성 구간 환경성 평가도 및 노선

사례 구간의 총 환경점수는 식(3)에 의해 계산되어  $E_{zone} = 913,362.2$ 점으로 조사되었다. 격자별 점수 분포를 살펴보면 가장 낮은 점수는 0.058점으로 나타났으며 이 점수가 부여된 격자의 개수는 2,250개로 나타났다.

점수대별 격자의 분포현황을 살펴보면 0점~0.221점이 전체의 58.8%를 차지하여 가장 많은 분포를 보였다.

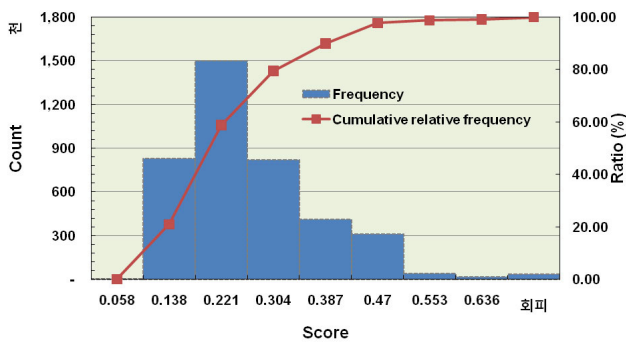


그림 3. 청양~홍성 사례구간의 환경점수 분포현황

설계된 계획 노선에 대한 친환경성 평가를 수행한 결과 계획된 설계노선은 총 2,958개의 격자를 통과하는 것으로 나타났으며, 식(4)에 의한 노선의 환경점수( $E_{route}$ )는 520.39점으로 도출되었다. 또한 설계노선을 지나가는 2,958개의 격자가 모두 1등급을 통과한다고 가정했을 때를 토대로 계산된 설계노선의 환경훼손율( $D_{route}$ )은 26.8%로 도출되었다. 그에 따른 환경보전율( $e_{route}$ )은 73.2%로 산출되었다.

반면 친환경 노선의 경우 총 2,659개의 격자를 지나며, 환경점수는 447.30점으로 도출되었다. 이에 따라 환경훼손율은 25.6%가 되며 환경보전율은 74.4%가 된다.

표 3. 계획노선 환경점수 및 환경성 평가(청양~홍성)

|        | Cell Count | $E_{route}$ | $D_{route}$ | $e_{route}$ |
|--------|------------|-------------|-------------|-------------|
| 설계노선   | 2,958      | 520.39      | 26.8        | 73.2        |
| 친환경 노선 | 2,659      | 447.30      | 25.6        | 74.4        |

친환경 노선의 환경훼손율은 사례구간내에 어떠한 도로노선이 생성되더라도 본 연구의 친환경성 평가방법에 따라 환경성이 최소 25.6%는 훼손될 것을 의미하는 것이다. 따라서, 설계된 각 대안노선의 환경훼손율 또는 환경보전율과 친환경 노선의 환경훼손율 또는 환경보전율의 비교를 통하여 각 설계 대안노선의 환경성을 정규화하여 평가할 수 있다. 이는 식(7)에서 제시한 친환경도( $E_{fr}$ )를 통하여 나타난다. 설계노선의 친환경도는 95.6%로 계산되어 제안된 친환경성 평가방법에 따른다면 청양~홍성구간의 설계노선이 상당히 환경친화적으로 노선이 선정되었다고 평가할 수 있다.

#### 4.1.2. 용천~설악구간

계획노선은 국도 37호선(거창~과주) 중 경기도 양평군 옥천면 용천리를 시점으로 하여 경기도 가평군 설악면 신천리에 이르는 총 연장 12.9km의 2차선 도로이다.

계획노선 주변으로는 생태자연도 1등급 지역이 상당수 분포하고 있으며, 팔당 상수원 특별대책지역 1권역, 2권역, 야생동식물보호구역, 유명산 자연휴양림 등 도로건설로 인한 환경적 악영향이 예상되며, 이에 따라 노선선정과정에서 환경성에 대한 비중이 크게 차지하였으며 협의까지 시간이 많이 지체된 사업이다.

용천~설악 구간 사례지역의 환경성 평가도 및 친환경노선은 다음과 같다.

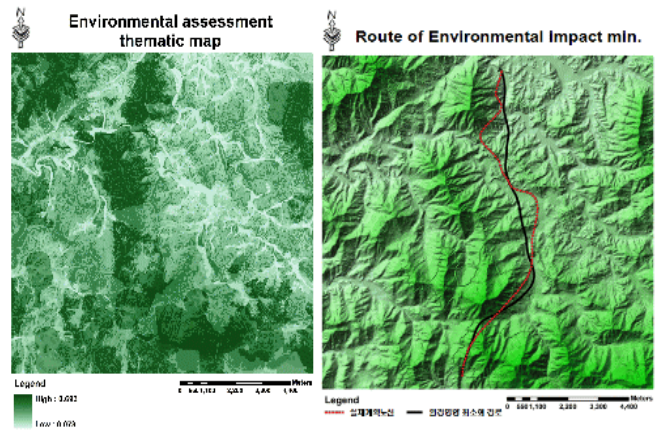


그림 4. 용천~설악 구간 환경성 평가도 및 노선

사례구간의 총 환경점수는  $E_{zone} = 554,542.17$ 점으로 분석되었으며, 격자별 점수 분포를 살펴보면 가장 낮은 점수는 0.073점으로 나타났다.

이 점수가 부여된 격자의 개수는 209개로 나타났으며 또한 가장 높은 점수는 0.693점으로 나타났으며 0.693점이 부여된 격자의 개수는 57개로 나타났다.

점수대별 격자의 분포현황을 살펴보면 0.259점~0.507점이 전체의 60.9%를 차지하여 가장 많은 분포를 보였다.

설계된 계획 노선에 대한 친환경성 평가를 수행한 결과 설계노선은 총 1,705개의 격자를 통과하는 것으로 나타났으며, 노선의 환경점수( $E_{route}$ )는 557.30점으로 도출되었다. 또한 설계노선을 지나가는 1,705개의 격자가 모두 1등급을 통과한다고 가정했을 때의 점수( $E_{route}^{all=1grade}$ )가 1181.57점으로 산출되어 설계노선의 환경훼손율( $D_{route}$ )은 47.2%로 도출되었다. 그에 따른 환경보전율( $e_{route}$ )은 52.8%로 산출되었다.

반면 환경영향 최소화 경로의 경우 총 1,511개의 격자를 지나며, 환경영향점수는 450.15점으로 도출되었다. 이에 따라 환경훼손율은 43.0%가 되며 환경보전율은 57.01%가 된다.

표 4. 계획노선 환경점수 및 환경성 평가(용천~설악)

|        | Cell Count | $E_{route}$ | $D_{route}$ | $e_{route}$ |
|--------|------------|-------------|-------------|-------------|
| 설계노선   | 1,705      | 557.30      | 47.2(%)     | 52.8(%)     |
| 친환경 노선 | 1,511      | 450.15      | 43.0(%)     | 57.0(%)     |

또한 친환경도( $E_{fr}$ )는 92.67%로 계산되어 본 연구에서 제안된 친환경성 평가방법에 따른 다면 설계노선이 상당히 환경친화적으로 노선이 선정되었다고 평가할 수 있다.

설계노선의 친환경도가 높은 이유는 사례구역이 환경적으로 상당히 민감한 구역이며, 그에 따라 노선선정에 대한 협의까지 시간이 많이 지체된 사업이기 때문으로 분석된다.

## 4.2. 강원권

### 4.2.1. 태백~미로 구간(2, 3 공구)

계획노선은 국도 38호선(서산~동해) 중 태백~미로구간 2,3 공구에 해당하는 노선으로서 강원도 태백시 통동을 시점으로 하여 강원도 삼척시 미로면 상정리를 종점으로 하는 총 연장 25.139km이다. 강원남부 내륙지방과 동해, 삼척 등 해안지방을 연결한 주간선도로로서 장래 교통수요에 효율적으로 대처하기 위하여 기존 도로에 대한 개량 및 시설을 계획하고 있다.

계획노선은 주로 임야 및 농경지를 통과 하지만 주변에 대이리 군립공원, 원동 상수원 보호구역 등 환경적 규제지역이 존재하고 있고 백두대간 보호지역의 핵심 및 완충지역으로부터 2.3km 이격되어 있어 건설시 각별한 주의가 요구된다.

태백~미로 사례구간의 환경성 평가도와 친환경 노선은 그림 5와 같다. 도출된 바와 같이 친환경 노선은 기존노선과 크게 차이를 보이지 않는 것을 볼 수 있다. 이는 태백~미로 구간 주변이 태백산맥으로 이루어져 있어 노선이 결정될 수 있는 구역이 적기 때문으로 사료된다.

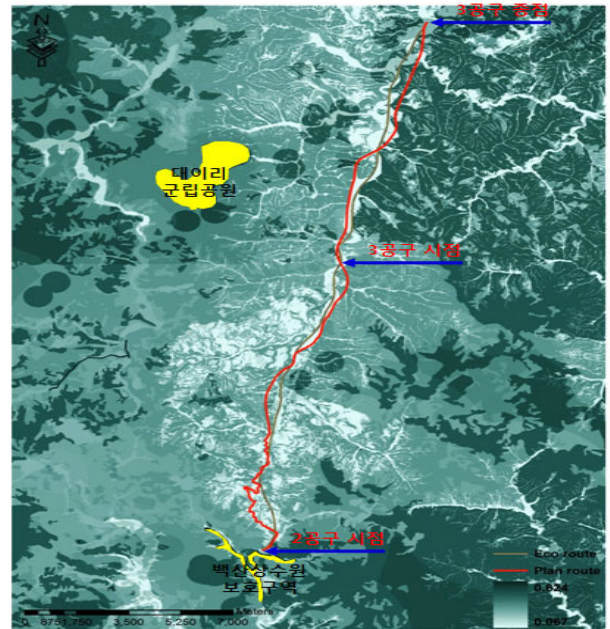


그림 5. 태백~미로 구간 환경성 평가도 및 노선

태백~미로 사례 구간의 총 환경점수는  $E_{zone} = 2,559,130.14$ 점으로 조사되었다. 이는 본 연구에서 분석하고자 하는 지역 중 가장 큰 점수이다. 격자별 점수 분포를 살펴보면 가장 낮은 점수는 0.068점으로 나타났으며 이 점수가 부여된 격자의 개수는 37개로 나타났다.

점수대별 격자의 분포현황을 살펴보면 0.335점~0.584점의 비교적 높은 점수대가 전체의 53.5%를 차지하는 것을 볼 수 있었다. 이는 이 지역의 환경성이 지극히 높게 평가되어 환경적으로 민감한 지역임을 알 수 있다.

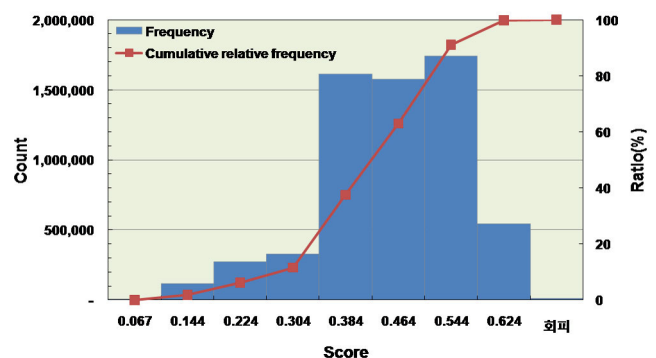


그림 6. 태백~미로 사례구간의 환경점수 분포현황

설계된 계획 노선에 대한 친환경성 평가를 수행한 결과 계획된 설계노선은 총 3,541개의 격자를 통과하는 것으로 나타

났으며, 식(4)에 의한 노선의 환경점수( $E_{route}$ )는 953.76점으로 도출되었다. 또한 설계노선을 지나가는 2,958개의 격자가 모두 1등급을 통과한다고 가정했을 때를 토대로 계산된 설계노선의 환경훼손율( $D_{route}$ )은 39.3%로 도출되었다. 그에 따른 환경보전율( $e_{route}$ )은 60.7%로 산출되었다.

반면 친환경 노선의 경우 총 3,141개의 격자를 지나며, 환경점수는 312.15점으로 도출되었다. 이에 따라 환경훼손율은 14.5%가 되며 환경보전율은 85.5%가 된다.

표 5. 계획노선 환경점수 및 환경성 평가 (태백~미로)

|        | Cell Count | $E_{route}$ | $D_{route}$ | $e_{route}$ |
|--------|------------|-------------|-------------|-------------|
| 설계노선   | 3,541      | 953.76      | 39.3        | 60.7        |
| 친환경 노선 | 3,141      | 312.15      | 14.5        | 85.5        |

친환경 노선의 환경훼손율이 14.5%로 도출됨에 따라 이 지역의 노선은 최소 14.5%는 환경을 훼손할 수 밖에 없다. 이 지역이 환경적으로 민감할 지역일지라도 환경친화적으로 설계만 된다면 환경훼손을 최소화시킬 수 있을 것으로 사료된다. 설계노선의 친환경도( $E_{fr}$ )는 71.0%로 계산되어 제안된 친환경성 평가방법에 따른다면 태백~미로구간의 설계노선은 타 분석구간에 비하여 친환경성이 떨어진 노선이라 평가된다.

### 4.3. 남부권

#### 4.3.1. 고령~성주 구간(1, 2, 3 공구)

고령~성주 구간의 계획노선은 국도 33호선(고성~구미) 중 고령~성주구간을 연결하는 구간으로 총 3개의 공구를 가지며 경북 고령군 고령읍 쾌빈리를 시점으로 하여 경북 성주군 성주읍 대흥리까지 연결하는 31.69km의 노선이다. 노선의 폭원은 20.0m의 4차로로 계획되어 있다.

계획노선 주변지역에는 가야산 국립공원 및 야생동·식물보호구역 2지점(애호지구보호구, 살미 조수서식보호구) 등이 존재한다. 또한 천연기념물인 “성주 경산리의 성박숲”이 계획노선 주변에 존재하고 있다.

고령~성주 사례구간의 환경성 평가도와 친환경 노선은 그림 7과 같다.

고령~성주 사례구역의 총 환경점수는  $E_{zone} = 845,621.00$  점으로 조사되었다. 본 연구에서 분석하고자 하는 지역 중 태백~미로 구간 다음으로 높은 환경점수가 도출되었는데, 이는 사례지역의 면적 크기가 타 분석지역에 비해 크기 때문인 것으로 보여진다. 환경점수 분포를 보면 알 수 있듯이 낮은 점수의 격자가 대부분을 차지하고 있으며, 다른 지역에 비해 격자의 총 개수가 많은 것을 알 수 있다. 격자별 점수 분포를 살펴보면 가장 낮은 점수는 0.124점으로 나타났으며 가장 높

은 점수는 0.585점으로 나타나 타 지역에 비해 환경성이 민감도가 낮은 것으로 판단된다.

점수대별 격자의 분포현황을 살펴보면 0.125점~0.256점이 전체의 65.6%를 차지하여 낮은 점수대의 격자가 과반수 이상을 차지하는 것을 볼 수 있다. 이는 타 지역과 비교할 때 낮은 점수대가 많이 분포하기 때문에 앞서 언급한 바와 같이 타 지역에 비하여 도로건설시 환경적 민감도가 낮은 지역으로 사료된다.

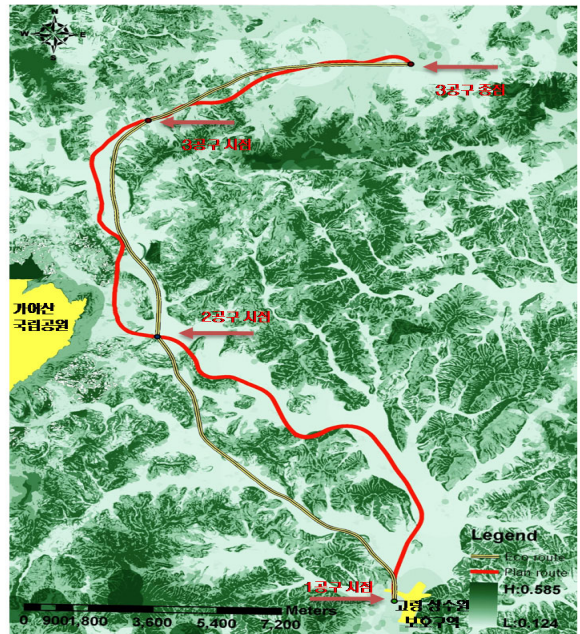


그림 7. 고령~성주 사례구간 환경성 평가도 및 노선

계획된 설계노선은 총 4,263개의 격자를 통과하는 것으로 나타났다. 이 중 1공구 노선의 격자개수가 2,039개로 가장 많았으며, 2공구와 3공구는 각각 1,193개와 1,031개의 격자를 통과하는 것으로 나타났다. 각 통과 격자의 환경점수를 합한 계획 설계노선의 환경점수는( $E_{route}$ )는 669.57점으로 도출되었다. 또한 설계노선의 환경훼손율( $D_{route}$ )은 22.7%로 도출되었다. 그에 따른 환경보전율( $e_{route}$ )은 77.3%로 산출

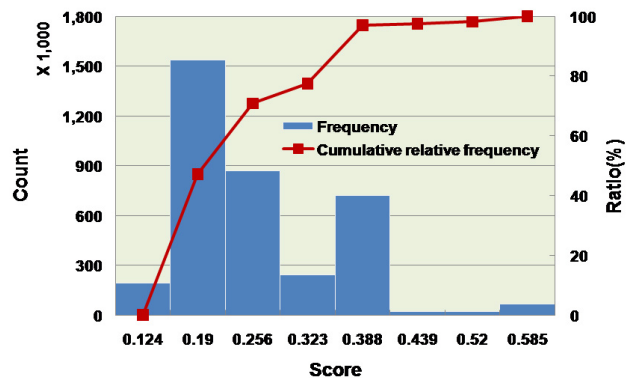


그림 8. 고령~성주 구간의 환경점수 분포현황

되었다.

반면 친환경 노선의 경우 총 3,618개의 격자를 지나는 것으로 나타났으며, 환경점수는 516.65점으로 도출되었다. 이 중 1공구의 점수가 236.29점으로 산출되었으며, 2공구, 3공구 각각 135.32점, 145.04점으로 나타났다. 이에 따라 환경훼손율은 20.6%가 되며 환경보전율은 79.4%로 도출되었다.

표 6. 계획노선 환경점수 및 환경성 평가 (고령~성주)

|        |     | Cell Count | $E_{route}$ | $D_{route}$ | $e_{route}$ |
|--------|-----|------------|-------------|-------------|-------------|
| 설계노선   | 1공구 | 2,039      | 328.85      | 23.3        | 76.7        |
|        | 2공구 | 1,193      | 181.84      | 22.0        | 78.0        |
|        | 3공구 | 1,031      | 158.88      | 22.2        | 77.8        |
|        | 합계  | 4,263      | 669.57      | 22.7        | 77.3        |
| 친환경 노선 | 1공구 | 1,636      | 236.29      | 20.8        | 79.2        |
|        | 2공구 | 1,028      | 135.32      | 19.0        | 81.0        |
|        | 3공구 | 954        | 145.04      | 21.9        | 78.1        |
|        | 합계  | 3,618      | 516.65      | 20.6        | 79.4        |

친환경 노선이 계획 구간내에서 환경영향이 최소화 되는 구역이라는 가정하에 각 대안노선의 환경적 영향도를 계산하는 친환경도( $E_p$ )를 계획노선에 적용하여 살펴보면 친환경 노선 대비 설계노선의 친환경도는 97.4%를 나타내어 계획노선은 타 분석구간에 비교하여 볼 때 환경친화적으로 설계되었다고 할 수 있다. 특히 3공구 노선의 경우 거의 100%에 가까운 친환경도를 보이는 것을 볼 수 있는데, 이는 3공구 노선의 길이가 짧고, 사례구간의 환경성이 상대적으로 민감하지 않은 구역 때문인 것으로 사료된다.

#### 4.3.2. 문경 지역 연계 도로

문경 지역 연계 도로는 문경시 문경읍~산북면(군도 6호선)간의 도로를 개설하는 것으로서 통행거리를 22km 단축시켜 지역주민 및 관광객의 교통불편을 해소하는 것을 목적으로 계획되었다.

계획노선은 문경시 문경읍 당포리를 시점으로 하여 문경시 산북면 석봉리를 지나는 6.2km의 2차도로 계획되어 있다. 주로 단산터널(1.98km)을 통과하는 노선으로서 리도 202호선의 확·포장 및 당포~석봉간의 임도를 확·포장하여 계획한다.

계획노선 주변으로 월악산 국립공원과 문경새재 도립공원이 위치하고 있으나 계획노선과의 이격이 상당하여 영향은 미미할 것으로 사료된다. 또한 천연기념물로 "문경대하리의 소나무"가 존재하고 있다.

문경연계도로는 본 연구에서 분석한 구간 중에 가장 짧은 도로이며, 지방도이다. 따라서 본 연구에서 제안된 기법이 지방도의 짧은 구간에도 적용가능한지 여부를 판단하기에 좋은 구간으로 사료된다.

문경연계도로노선 구간의 특이한 사항으로는 사례구역내에 폐광이 존재하고 있다는 것이다. 폐광으로 인하여 지형 기초가 약하여 이 폐광주변 지역에서는 도로가 건설될 수 없기 때문에 폐광을 특별히 보호해야 할 구역으로 설정하여 회피하도록 설정하였다.

각 평가항목 별 주제도를 종합하여 사례구간의 환경성평가도를 도출하였고, 이를 바탕으로 친환경 노선을 생성하였다.

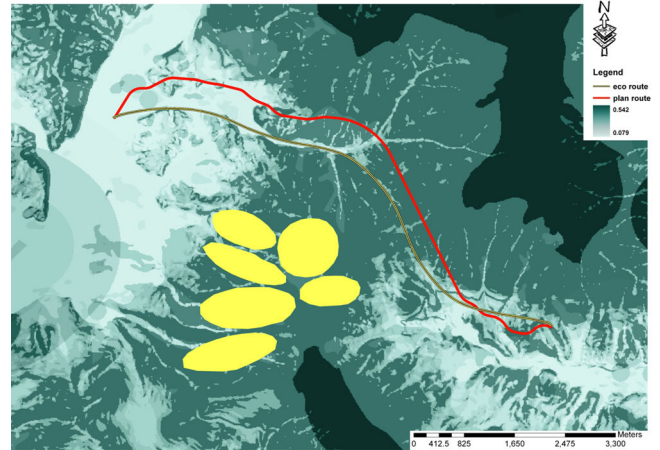


그림 9. 문경연계도로 구간 환경성 평가도 및 노선

문경연계도로 구간의 총 환경점수는  $E_{zone} = 168,567.4$ 점으로 조사되었다. 이는 본 연구에서 분석하고자 하는 지역 중 가장 작은 점수인데, 계획노선연장이 짧아 사례구역의 설정이 타 지역에 비해 작게 설정되어 나타난 결과로 사료된다. 격자별 점수 분포를 살펴보면 가장 낮은 점수는 0.079점으로 나타났으며 이 점수가 부여된 격자의 개수는 15,570개로 나타났다. 가장 높은 점수는 0.542점으로 나타나 타 지역에 비해 환경 민감도가 낮은 것으로 판단된다.

점수대별 격자의 분포현황을 살펴보면 0.146점~0.343점이 전체의 64.9%를 차지하는 것을 볼 수 있다. 이는 타 지역과 비교할 때 낮은 점수대가 많이 분포하기 때문에 앞서 사료한 바와 같이 타 지역에 비하여 도로건설시 환경적 민감도가 낮은 지역으로 판단된다.

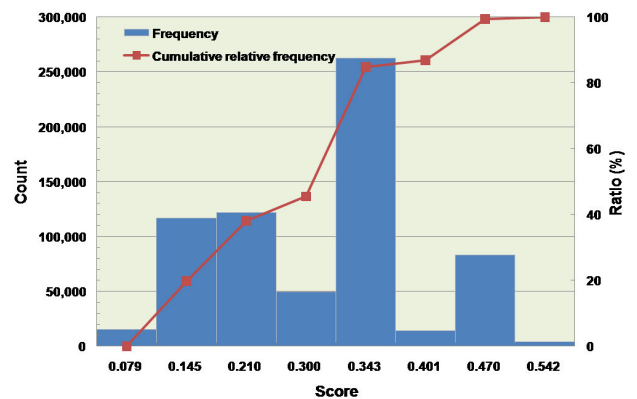


그림 10. 문경연계도로 구간의 환경점수 분포현황



계획된 설계노선은 총 800개의 격자를 통과하는 것으로 나타났으며, 각 통과 격자의 환경점수를 합한 노선의 환경점수는 ( $E_{route}$ )는 168.33점으로 도출되었다. 또한 설계노선을 지나가는 800개의 격자가 모두 1등급을 통과한다고 가정했을 때의 점수 554.40점을 100%의 환경훼손이 되는 점수로 가정했을 때 설계노선의 환경훼손율( $D_{route}$ )은 30.4%로 도출되었다. 그에 따른 환경보전율( $e_{route}$ )은 69.6%로 산출되었다.

반면 친환경 노선의 경우 총 710개의 격자를 지나는 것으로 나타났으며, 환경점수는 123.84점으로 도출되었다. 이에 따라 환경훼손율은 25.2%가 되며 환경보전율은 74.8%로 도출되었다.

표 7. 계획노선 환경점수 및 환경성 평가 (문경연계도로)

|        | Cell Count | $E_{route}$ | $D_{route}$ | $e_{route}$ |
|--------|------------|-------------|-------------|-------------|
| 설계노선   | 800        | 168.33      | 30.4        | 69.6        |
| 친환경 노선 | 710        | 123.84      | 25.2        | 74.8        |

친환경 노선이 계획 구간내에서 환경영향이 최소화 되는 구역이라는 가정하에 각 대안노선의 환경적 영향도를 계산하는 친환경도( $E_{fr}$ )를 계획노선에 적용하여 살펴보면 환경영향 최소화 경로 대비 설계노선의 친환경도는 93.0%를 나타내어 계획노선은 타 분석구간에 비교하여 볼 때 환경친화적으로 설계되었다고 할 수 있겠다.

#### 4.4. 종합분석

이렇게 선정된 지역의 환경성 평가를 실시한 결과 높은 환경점수의 분포가 많은 지역이 있는 반면, 낮은 환경점수의 분포를 보인 지역도 존재하였다. 높은 환경점수의 분포가 많은 지역은 그 지역이 그만큼 환경적으로 민감하다는 것을 간접적으로 나타내어 주며, 비교적 낮은 점수대의 분포가 많은 지역은 그만큼 도로노선의 선정이 수월한 지역이 많음을 보여준다.

표 8. 사례구역의 환경성 점수 비교

| 지역(구간) | 지역격자 개수 | $E_{zone}$ | $E_{zone}$ 평균 | 주요점수대 | $E_{fr}$    |      |
|--------|---------|------------|---------------|-------|-------------|------|
| 충부권    | 청양~홍성   | 3,959,980  | 913,362.2     | 0.231 | 0~0.221     | 95.6 |
|        | 용천~설악   | 1,440,000  | 554,542.2     | 0.385 | 0.259~0.507 | 92.7 |
| 강원권    | 태백~미로   | 6,200,000  | 2,559,130.1   | 0.413 | 0.385~0.544 | 71.0 |
| 남부권    | 고령~성주   | 3,668,618  | 845,621.0     | 0.231 | 0.125~0.256 | 97.4 |
|        | 문경      | 668,737    | 168,567.4     | 0.252 | 0.146~0.343 | 93.0 |

표 8에서 보듯이 강원권의 태백~미로 구간은 면적 대비 높은 점수대의 분포가 많은 것을 볼 수 있다. 이것은 비교된 다른 사례구역에 비하여 환경적으로 중요한 지역이 다수 존재함을 의미하며, 실제로 태백산맥 등의 백두대간과 높은 산악지, 군립공원, 상수도 보호구역 등 환경적으로 보존해야 할 지역 및 경사도 25° 이상 지역 등이 상당수 존재한다. 따라서 태백~미로 구간은 환경적으로 매우 민감한 지역으로 볼 수 있으며 도로노선 선정 및 도로건설시 각별히 유의해야 할 것으로 사료된다.

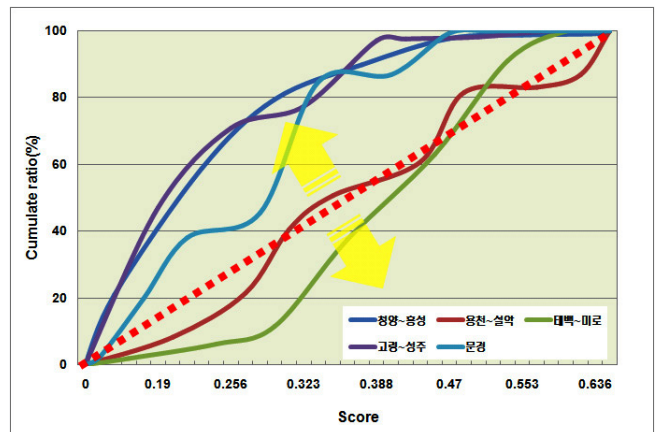


그림 11. 사례지역 구간의 상대누적곡선 비교

또한 계획노선의 환경적 영향도를 평가할 수 있는 친환경도에 대하여 각 구역의 노선별로 비교하여 보면, 태백~미로 구간의 나머지 구간은 비교적 친환경도가 90% 이상으로 높게 산출되어 계획노선이 환경친화적으로 설계되었음을 확인할 수 있었다. 태백~미로 구간의 노선은 가장 낮은 71.0%로 산출되었는데, 이는 지역의 환경적 민감도와 무관하지 않은 것으로 사료되며, 이 지역에 계획된 노선은 환경적인 훼손을 방지하며, 훼손에 대한 저감방안을 계획하며 도로건설을 수행하여야 할 것이다.

#### 5. 결론

본 연구에서는 도로노선 선정시 계획구간 주변지역의 환경성을 객관적이고 합리적으로 평가한 후 이를 정량화하여 친환경 경로를 도출하고, 이를 바탕으로 실제노선에 대한 친환경성을 평가할 수 있는 기법을 개발한 친환경·지능형 도로설계연구단의 친환경 도로노선 선정기법의 적용성을 파악하고자 하였다. 그에 따라 본 연구에서는 계획된 국내도로노선에 적용하여 국내도로의 친환경성을 분석하고자 하였으며, 이에 따라 충부권, 강원권, 남부권의 지역별 사례구간을 선정하고 제안된 환경성 평가방법을 수행하였다.

그 결과 각 지역별 사례구간의 해당 지역에 대한 환경점수

대의 분포가 다양하게 나타남을 확인하였고 이를 통하여 도로계획이 결정된 해당 지역의 환경적 민감도를 유추할 수 있을 것으로 보여진다. 또한 친환경 도로노선선정기법에서 제안한 도로노선의 친환경성 평가기법인 '환경훼손율' 개념을 각 사례구간에 적용하여 각 노선별 친환경성을 평가하였다. 이를 통하여 해당지역의 대안설계노선의 환경성을 평가할 수 있을 것으로 사료된다.

또한 각 노선의 환경적인 정도를 나타낼 수 있도록 해당지역의 환경영향 최소화 경로를 생성한 후 이를 기준으로 각 노선의 친환경도를 분석하였다. 그 결과 지역의 환경적 민감도가 큰 지역 즉, 높은 점수대가 많은 지역에 설계된 노선의 친환경도가 가장 낮게 분석되어 지역에 따른 다양한 노선계획이 필요함을 알 수 있었다.

이러한 결과를 통하여 본 연구에서는 노선선정시 환경성평가를 정량적으로 수행할 수 있는 기법을 제안하여 현행도로설계시 최적노선선정을 위한 도로정책입안자 및 도로설계자, 해당 지역 주민 등이 의사결정을 하는데 객관적인 자료를 제공하여 활용이 가능할 것으로 사료된다. 또한, 기존에 개발되어 있는 도로설계관련 경제성 및 기술성 기법들과 함께 최적의 도로노선 선정에 활용될 수 있을 것이다.

## 감사의 글

본 연구는 친환경·지능형 도로설계 기술개발연구단을 통하여 지원된 건설교통부 건설기술혁신 연구사업에 의하여 수행되었습니다. 연구지원에 감사드립니다.

## 참고 문헌

- 강호근 (2010) "GIS 기반 도로노선의 친환경성 평가", 박사학위논문, 아주대학교
- 김성희, 정병호, 김재경 (2001) "의사결정 분석 및 응용", 영지문화사
- 김흥래 (2010) "도로노선의 친환경도 평가 분석에 관한 연구", 석사학위논문, 아주대학교
- 노태호 (2005) "노선선정에서 계층분석과정을 이용한 GIS의 적용", 한국지리정보학회지, Vol. 8, No. 2, pp. 55-67
- 양광식 (2000) "GIS 기법을 활용한 환경친화적 도로시설 노선선정", 한국GIS학회지, Vol. 8 No. 1, pp. 117-130

- 오윤석, 구지희, 김태훈 (2005) "GIS를 이용한 도시철도 건설계획 수립을 위한 의사결정지원시스템 설계에 관한 연구", 한국GIS학회지, Vol. 13 No. 2, pp.139-155
- 이관규, 양병이 (2001) "환경평가를 위한 지표의 가중치 선정방법 결정 모형", 환경영향평가, Vol. 10 No. 1, pp.59-71
- 이병두 (2000) "GIS 를 이용한 환경친화적 임도노선선정 및 평가 프로그램의 개발", 석사학위논문, 서울대학교
- 최준규 (2005) "환경친화적 도로노선 선정을 위한 환경성 지표 선정 및 평가 방향에 관한 연구", 환경정책, Vol. 13, No. 1, pp. 91-111
- 최유경 (2006) "도로노선 선정을 위한 GIS기반 환경성평가기법에 관한 연구", 석사학위논문, 아주대학교
- 장민균 (2003) "도로선형 결정을 위한 GIS 활용 방안에 관한 연구", 석사학위논문, 영남대학교
- E.S.Brooks (2006), "Global Positioning System/GIS-Based Approach for Modeling Erosion from Large Road Networks", *Journal of hydrologic engineering*, Vol. 11 No. 5
- R.Phillippe (2002) "Spatial Databases with application to GIS", Morgan Kaufmann
- P.Klungboonkrong, M.A.P.Taylor (1998) "A microcomputer-based system for multicriteria environmental impacts evaluation of urban road network", *Compu., Environ. and Urban Systems*, Vol. 22 No. 5, pp. 425-446
- Xiugang Li et al. (1995) "GIS based map overlay method for comprehensive assessment of road environmental impact" *Transportation Research*, Vol. 4, No. 3, pp. 147-158
- Joanna Treweek, Neil Veitchm (1996) "The Potential Application of GIS and Remotely Sensed Data to the Ecological Assessment of Proposed New Road Schemes", *Global Ecology and Biogeography Letters*, Vol. 5, No. 4, pp. 249-257
- P. Klungboonkrong, M.A.P. Taylor (1998) "A microcomputer-based system for multicriteria environmental impacts evaluation of urban road network", *Compu., Environ. and Urban Systems*, Vol. 22, No. 5, pp. 425-446

접 수 일 : 2010. 9. 9  
 심 사 일 : 2010. 9. 12  
 심사완료일 : 2010. 11.22