

택지개발사업이 산림에 미치는 시·공간적 누적영향 분석*

이동근¹⁾ · 김은영²⁾ · 오규식³⁾ · 윤소원⁴⁾

¹⁾ 서울대학교 조경·지역시스템공학부 · ²⁾ 서울대학교 대학원

³⁾ 한양대학교 도시공학과 · ⁴⁾ 서울시설공단

Temporal and Spatial Cumulative Impact Assessments on Forest Damages by Housing Development Projects*

Lee, Dong-Kun¹⁾ · Kim, Eun-Young²⁾ · Oh, Kyu-Shik³⁾ and Yoon, So-Won⁴⁾

¹⁾ Department of Landscape Architecture and Rural System Engineering, Seoul National University,

²⁾ Graduate School, Seoul National University,

³⁾ Department of Urban Planning, HanYang University,

⁴⁾ Seoul Metropolitan Facilities Management Corp.

ABSTRACT

Recently, it has been important not only to evaluate environmental effects but also to assess cumulative and comprehensive effects by the development projects. This paper concentrates on temporal and spatial cumulative impacts on Suji district in Yongin, Gyunggi-do. This paper adopted two methods to assess the cumulative impacts. First, it assesses the temporal change of forest patch size and land cover according to the patch size. Second, it compares housing development zones with the neighborhood. The result of the research appears that the damage is very serious, especially in small forest. The Forest area is changed to farm land, most of them become to built-up area later. In addition, it is assessed that the secondary housing development projects did more harm than the initial one. By assessing the cumulative impacts on Suji district, this research suggests to minimize two kinds of solutions : comprehensive environmental assessments in regional unit and regulation on total forest quantity.

Key Words : *Cumulative impact; Development projects; Forest; Patch size; Land cover; Total forest quantity.*

* 본 연구는 한국과학재단 특정기초연구(R01-2005-000-10521-0)지원으로 수행되었음.

Corresponding author : Kim, Eun-Young, Graduate School, Seoul National University,
Tel : +82-2-880-4885, E-mail : ey1230@snu.ac.kr

Received : 23 October, 2006. **Accepted** : 16 December, 2006.

I. 서론

인간의 활동은 거의 모든 생태계 유형에 대해 광범위한 서식지 파편화와 고립을 초래하였다(Meffe and Carroll, 1994). 최근 들어 도로건설, 택지개발 등과 같은 개발사업이 시간적·공간적 측면에서 집중되어 일어나고 있으며 이로 인한 무분별한 산림의 훼손이 문제가 되고 있다(조선일보, 2005.06.28; 국민일보, 2005.08.28). 이러한 각종 개발행위에 의한 산림지역 훼손은 산림생태계의 양적·질적 쇠퇴를 가져왔으며(조현재, 1997) 특히 산림생태계의 훼손은 개발사업간의 누적영향으로 인해 훼손의 정도가 더 크게 나타난다(Stull et al., 1987).

택지개발이 산림에 미치는 환경에의 영향을 최소화하기 위해 실시되고 있는 사전환경성검토, 환경영향평가 등은 해당사업에 대해서만 실시되고 있어 시간적·공간적 누적영향은 거의 검토되고 있지 못한 실정이다. 누적영향은 많은 점진적인 행위의 상호작용으로 인한 결과로 개별적인 영향은 크게 나타나지 않으나 이들이 통합될 경우 그 영향이 누적적으로 심각하게 나타나는 것을 말한다(Dickert and Tuttle, 1985). Smit and Spaling(1995)는 단위사업에 따른 환경영향을 분석하는 평가체계에서 지역적이고 종합적인 차원의 누적적인 영향평가 중요성을 제시하였다. Beanlands et al.(1986)은 누적영향을 시공간의 집중효과, 시너지 효과, 간접효과, 잠식으로 구분하였으며, Sonntag et al.(1987)은 선형적인 추가효과, 증폭 또는 지수효과, 비연속적인 효과, 구조적 변화로 구분하였다. 최근 우리나라에서도 지역적 차원에서 난개발을 방지하기 위한 방안으로서 지역단위별 녹지총량제 도입의 필요성이 제기되었으며 이를 실현하기 위한 방법으로서 누적영향에 대한 연구의 필요성이 함께 제시되었다(연합뉴스, 2006.04.05). 오규식 등(2006)은 누적영향을 평가함에 있어 시간적인 측면과 공간적인 측면을 고려한 누적영향 평가체계를

제시하였다.

최근 택지개발사업은 기존의 산림을 훼손할 뿐만 아니라 산림생태계가 유지될 수 있는 최소한의 산림면적까지 훼손하는 등 작은 규모의 산림이 소멸되는 문제가 제시되고 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해서는 산림패치크기의 변화에 따른 누적영향의 평가가 필요하다. 또한 택지개발사업의 집중이 산림에 미치는 누적영향을 시·공간적인 측면에서 패치크기, 토지피복의 변화 등을 파악하면 개발사업의 집중에 의한 누적영향을 분석할 수 있다.

연구의 목적은 다음과 같다. 첫째, 개발이 일어나기 이전부터 현재까지 시간적 측면에서 개발사업이 산림에 미치는 누적영향을 분석하는 것이다. 이를 위해 생물종 다양성과 관계가 깊은 패치크기와 토지피복의 누적적인 변화에 대한 정량적인 분석을 실시하고자 한다. 둘째, 개발로 인해 산림의 누적영향이 공간적 측면에서 어떻게 변화하는지 분석하기 위해 개발사업 내부지역과 그 주변지역을 구분하여 개발에 따른 누적적인 영향을 분석하고자 한다.

II. 연구의 범위 및 방법

1. 연구의 범위

본 연구에서는 도로건설, 산업단지개발, 택지개발 등과 같은 다양한 개발사업 중에서 한 지역에 집중되어 개발되는 택지개발사업을 대상으로 하여 이로 인한 누적영향을 시간적 측면과 공간적 측면으로 구분하여 분석하였다. 본 연구의 시간적 범위는 택지개발사업의 개발계획이 실시되기 이전인 1990년을 기점으로 하여 1995년, 2000년, 2003년까지 4개년을 대상으로 하여 Landsat TM과 Landsat ETM+ 위성영상에서 분류된 산림지역의 양적인 변화정도를 누적영향 타입을 통해 분석하였다. 이때 택지개발로 인해 조성된 공원은 산림의 기능을 수행한다고 보기에 한계가 있으므로 본 연구의 대상에서 제외하였다.

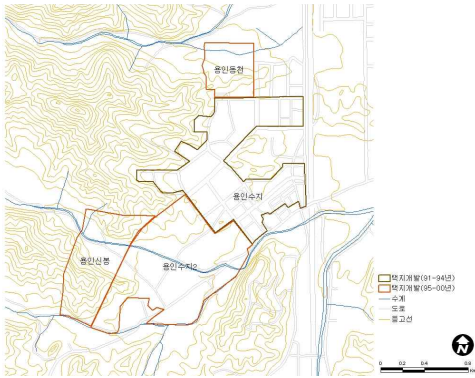


그림 1. 연구 대상지.

본 연구의 공간적 범위는 택지개발이 집중적으로 일어나고 있는 용인 수지지구 주변지역을 대상으로 훼손된 산림의 특성에 대해 연구하고자 한다(그림 1). 수지1지구는 1991년에 실시계획이 승인되어 1994년에 준공된 택지개발지구이다.

준공된 이후 이 지역을 중심으로 수지2지구, 신봉지구, 동천지구가 차례로 실시계획 승인을 얻어 개발되는 등 최근 십여 년간 유사한 개발의 형태가 집중되어 나타난 지역이다.

2. 연구의 방법

택지개발사업이 산림에 미치는 누적영향을 분석하기 위해 다음과 같이 분석하였다(그림 2).

누적영향을 분석하기 위해서 대상지의 개발이 직접적으로 이루어지기 이전인 1990년, 1995년, 2000년, 2003년도의 토지피복 데이터를 이용하여 산림패치의 크기 및 토지피복 변화의 자료로 사용하였다. 또한, 대상지역 내 택지개발사업이 이루어지는 위치, 시기뿐만 아니라 개발면적을 고려하였으며 이를 바탕으로 누적영향을 평가할 수 있도록 택지개발지역 주변지역을 포함한 지역

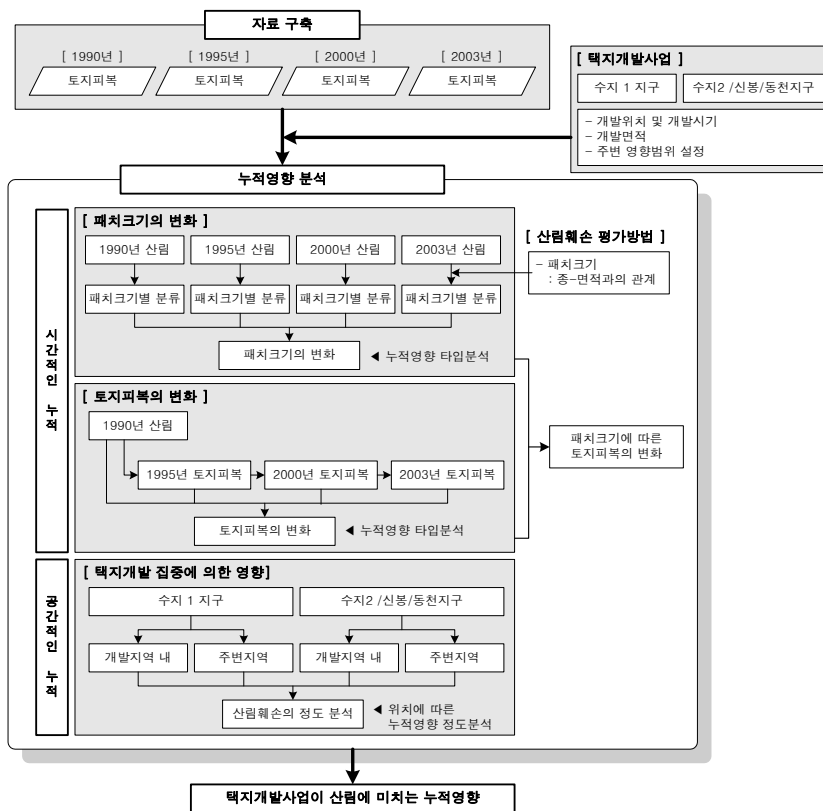


그림 2. 연구의 흐름.

을 영향범위로 설정하였다.

택지개발사업이 산림에 미치는 누적영향을 살펴보기 위해서는 시간적 측면과 공간적 측면으로 구분하였다. 시간적 측면에서의 누적영향은 패치크기의 변화, 토지피복의 변화, 패치크기에 따른 토지피복의 변화로 구분하여 분석하였다. 특히, 개발사업으로 인해 산림에 미치는 영향을 훼손량으로 평가하는 것이 아니라 본래 패치크기의 변화를 통해 산림생태계의 건전성을 분석하였다. 패치크기는 생물종다양성과 관련이 높은 지표로서 패치크기가 클수록 패치내 서식하는 생물종수가 높게 나타나므로 건전성을 평가하는데 적합한 지표라 볼 수 있다(MacArthur and Wilson, 1963; Kohn and Walsh, 1994; Lomolino and Weiser, 2001; Gu et al., 2002; Triantis et al., 2003). 또한, 대상지역 내 패치의 수, 대상지역 내 가장 큰 패치크기, 대상지역 내 총 패치크기의 양적인 변화를 함께 분석하였다. 시간에 따른 토지피복의 변화는 1990년에 산림지역이었던 지역이 어떠한 토지피복으로 변화하였는가를 분석하고 훼손된 산림의 본래 패치크기에 따라 토지피복의 변화의 차이를 오규식 등(2006)에서 제시한 누적영향의 유형(개발사업의 추가에 따른 환경영향의 변화를 선형적 증가, 지수형 증가, 로그형 증가, 비 연속적 변화로 구분함)을 통해 누적영향을 분석하였다.

공간적 측면에서의 누적영향을 살펴보기 위해

서는 1차적으로 개발이 이루어진 지역과 이후에 개발이 이루어진 지역으로 구분하여 개발사업의 집중에 의해 주변 산림의 훼손정도가 어떠한 차이를 보이는지 분석하였다. 특히, 택지개발지구 내부와 1차적으로 택지개발이 수행된 지역의 주변산림과 2차적으로 택지개발이 수행된 지역의 주변산림의 훼손정도를 분석함으로써 택지개발이 산림에 미치는 누적영향을 분석하였다.

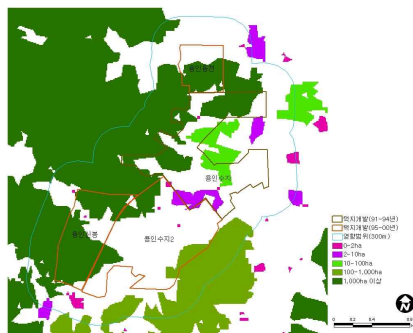
이러한 분석의 정량화 및 도면화를 위해서 ESRI사의 ArcGIS 9.1을 이용하였으며 이를 통해 동일한 지역에 대한 변화를 분석하였다.

III. 결과 및 고찰

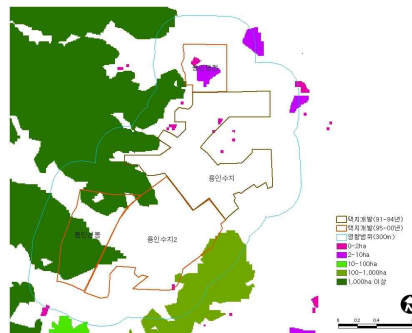
1. 시간적 측면에서의 누적영향 분석

1) 산림패치의 누적변화

대상지 내의 패치크기 변화를 살펴보면 대상지에 포함되는 최대 패치의 크기가 크게 감소하는 것을 알 수 있다. 특히, 영향범위 내 포함되는 2003년의 패치의 크기는 1990년 대비 약 76%가 감소하는 것으로 나타났으며, 총 패치크기는 약 82%가 감소한 것으로 나타났다. 또한 대상지 내 포함되는 패치의 수 역시 1990년부터 2003년까지 지수의 형태로 감소하였다. 패치크기의 변화는 개발지역과 접한 지점에서부터 산림의 방향으로 훼손되었으며 그 훼손의 양과 방향이 누적적인 형태를 보였다(그림 3).

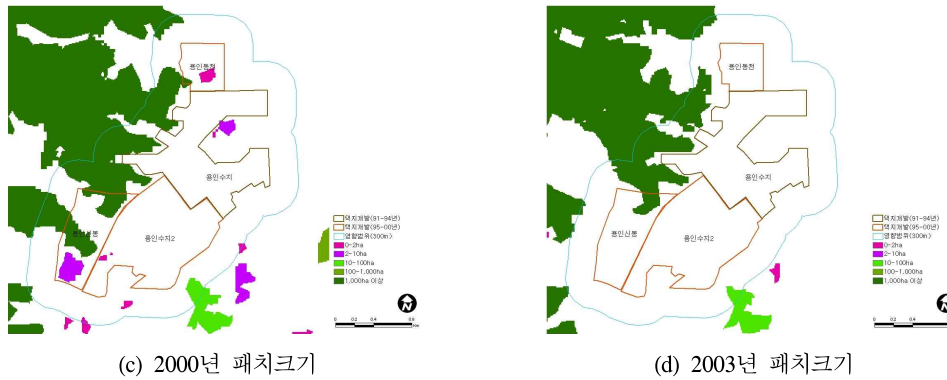


(a) 1990년 패치크기



(b) 1995년 패치크기

그림 3. 계속



(c) 2000년 패치크기

(d) 2003년 패치크기

그림 3. 택지개발사업에 따른 패치크기의 변화.

대상지 내의 패치의 변화를 그래프로 살펴본 결과 패치의 수와 패치크기는 다른 누적영향의 타입을 보이고 있었다. 패치수의 경우 선형 혹은 지수형의 형태로 패치수가 감소하였으나 패치크기의 경우 일정 규모의 한계치까지 급격하게 감

소하는 로그형의 형태를 보였다(그림 4).

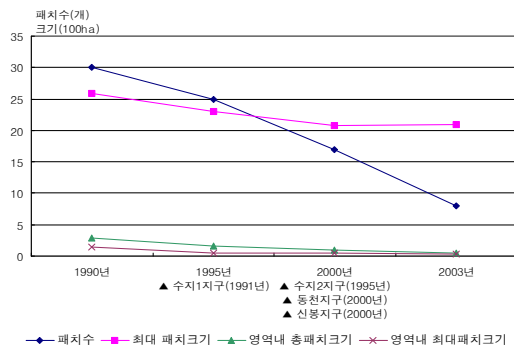


그림 4. 대상지 내의 패치의 누적변화 그래프.

2) 토지피복측면에서의 산림패치의 누적변화
대상지 내의 토지피복의 변화를 살펴 본 결과 산림의 경우 1990년 전체 면적의 약 49%인 289.30ha의 면적을 가지고 있었으나 2003년에는 약 9%인 54.31ha의 면적만이 산림으로 존재하였다. 또한 농경지 역시 약 30%인 179.74ha의 면적에서 2003년 약 13%인 78.85ha만이 농경지로 남아 있었다. 이와는 반대로 시가화지역의 경우 1990년에는 전체면적의 약 16%만을 차지하였으나 1995년, 2000년, 2003년 각각 39%, 68%, 76%로 증가하는 것으로 나타났다. 특히 토지피복의 변화는 개발지역을 중심으로 시가화지역이 확장되는 것을 알 수 있으며 개발사업지구 주변지역까지 점진적인 개발행위가 일어남에 따라 산림에 미치는

표 1. 토지피복의 변화.

	1990년		1995년		2000년		2003년	
	면적(ha)	비율(%)	면적(ha)	비율(%)	면적(ha)	비율(%)	면적(ha)	비율(%)
수역	0	0	0	0	1.05	0.18	1.08	0.18
시가화	93.90	15.87	230.34	38.94	402.29	68.01	447.47	75.65
나지	0.27	0.05	18.14	3.07	3.32	0.56	4.95	0.84
초지	28.30	4.78	29.65	5.01	1.74	0.29	4.85	0.82
산림	289.30	48.91	152.16	25.72	97.98	16.56	54.31	9.18
농경지	179.74	30.39	161.22	27.26	85.13	14.39	78.85	13.33

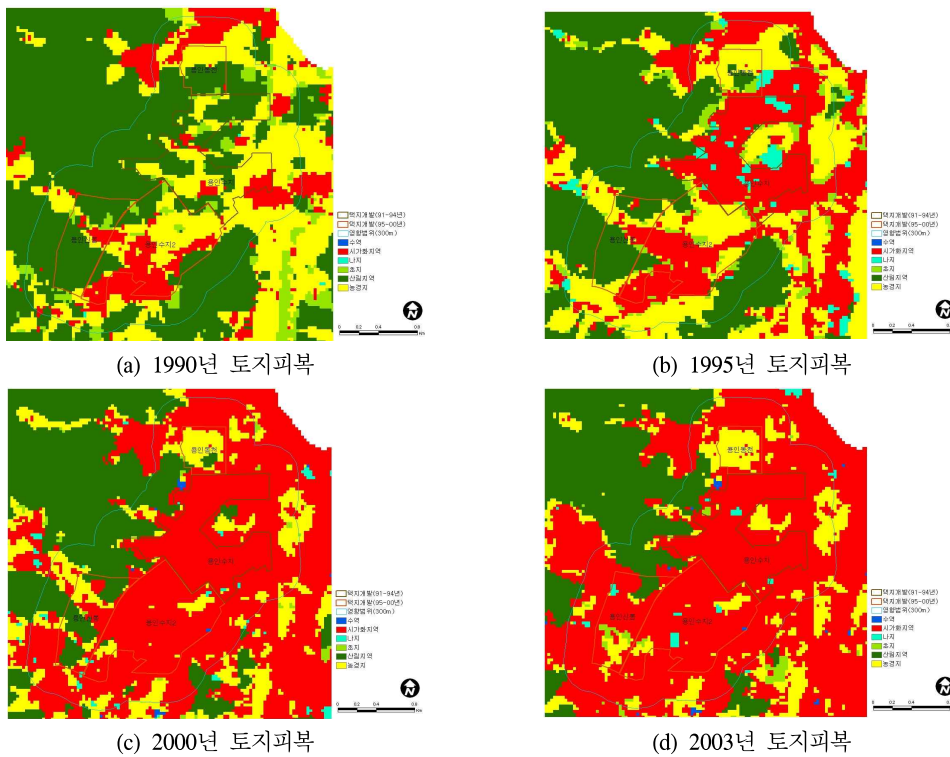


그림 5. 택지개발사업에 따른 토지피복의 변화.

영향이 누적적으로 나타났다(그림 5, 표 1).

3) 산림패치크기에 따른 누적적인 변화 형태
산림패치의 크기에 따라 산림훼손 정도 및 변화된 토지이용의 변화 패턴을 살펴보면 2~10ha 산림패치의 경우 2000년도까지 약 90% 이상이 시가화지역으로 변화됨을 알 수 있으며, 10~100ha 산림패치는 약 75%가 시가화지역으로 변화하였다

다. 0~2ha의 경우 2003년까지 시가화지역으로 약 85%가 변화하였다. 반면 1000ha 이상의 산림패치는 약 56%만이 시가화지역으로 변화하였다(그림 6). 산림패치가 시가화지역 이외 농경지로 변화 정도를 살펴보면 1995년까지 대부분의 산림패치가 증가하는 추세를 보인다 그 이후 농경지의 비율이 감소하는 것으로 나타났다. 특히, 0~2ha 산림패치의 경우 약 73%가 농경지로 변화하였다

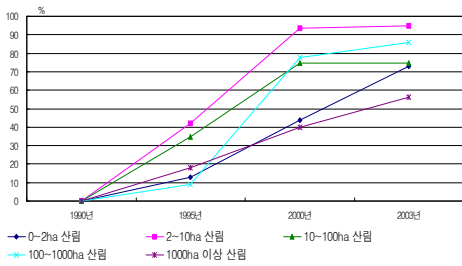


그림 6. 패치크기에 따른 시가화지역으로의 변화율.

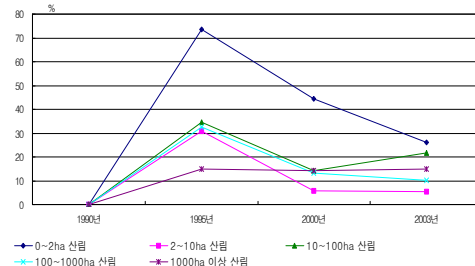


그림 7. 패치크기에 따른 농경지로의 변화율.

이후 시가화지역으로 변화하였다(그림 7).

패치크기에 따라 산림훼손 정도 및 토지피복 변화를 살펴본 결과 패치크기가 작으면 작을수록 개발사업에 의한 영향이 크게 나타났으며, 개발사업과 같은 직접적인 영향이 아니더라도 주변지역의 농작물 재배 등과 같이 인간의 인위적인 행위에 대해 쉽게 노출된 지역은 초지, 산림지역에 비해 보다 빠른 시간 내에 시가화지역으로 변화하는 것을 알 수 있었다. 이렇듯 집중적으로 시행되는 개발사업에 의해 야기되는 산림의 파편화 및 훼손은 이러한 영향을 더욱 가속하는 등의 결과를 초래하였다. 이렇듯 개발사업과 이에 따른 주변지역의 개발행위 각각의 영향은 크게 나타나지 않으나 이들이 통합될 경우 그 영향이 심각하게 나타났다. 따라서 패치크기가 작을수록 개발사업으로 인한 누적영향에 민감하게 반응하는 것을 알 수 있다.

2. 공간적 측면에서의 누적영향 분석

1) 토지피복 변화에 따른 분석

공간적 측면에서의 누적영향을 분석하기 위해 택지개발 집중에 의한 변화를 고려하였다. 이는 인접한 지역에 택지개발사업이 집중됨에 따른 수지1지구의 주변지역과 그 외 택지개발사업이 일어난 주변지역으로 구분하여 그 변화의 차이를 분석하였다.

수지1지구는 1990년 이후 바로 시가화지역으로 변화하였다. 그러나 택지개발 주변 지역은 초지, 농지와 같은 다른 토지피복의 형태로 변화하다 최종적으로 시가화지역으로 변화하였다. 이는 택지개발사업이 주변지역까지 영향을 미치는 것을 알 수 있다. 2차적으로 택지개발이 이루어진 수지2지구, 신봉지구, 동천지구에서는 개발이 이루어지기 이전 단계에서 산림의 가장자리 부분의 훼손이 일부 나타났으나 택지개발사업 시행이후 시가화지역으로 급격하게 변화하였다. 특히 수지1지구와 달리 2차 개발지역 주변의 산림 역시 시가화지역으로 급격하게 변화하였다(그림 8).

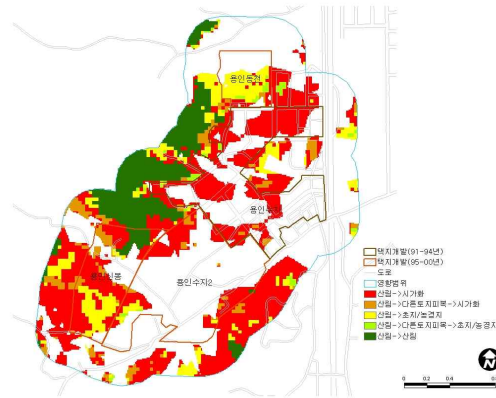


그림 8. 토지피복의 누적 변화.

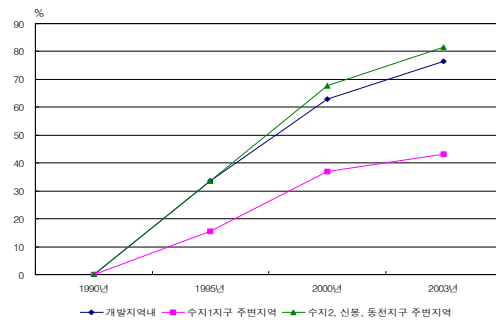
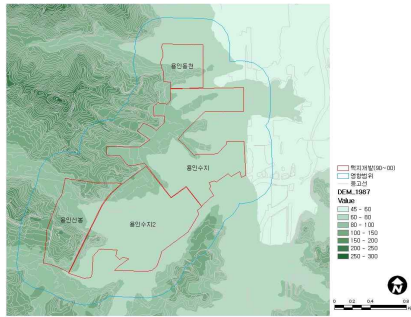


그림 9. 산림지역이 시가화지역으로 변화하는 비율.

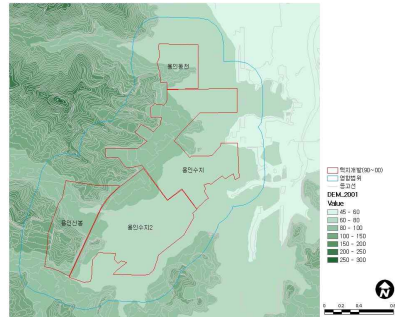
수지1지구 주변 산림과 수지2지구, 신봉, 동천지구 주변 산림이 시가화지역으로 변화하는 비율을 살펴본 결과 수지1지구의 주변 산림은 2003년까지 전체면적의 약 43%가 시가화지역으로 변화하였으며 2000년 이후 증가율이 감소하였다. 반면 수지2, 신봉, 동천지구의 주변산림은 2003년까지 82%의 면적이 시가화지역으로 변화한 것으로 나타났다. 이러한 수치는 택지개발지구 내 시가화면적으로 변화하는 비율보다 높게 나타났다. 이는 1차적으로 일어난 개발사업보다 인접한 개발사업으로 인한 산림의 훼손이 더 크다고 볼 수 있다(그림 9).

2) 지형변화에 따른 분석

택지개발지역과 주변지역을 비교한 결과 택지개발 내부지역의 표고변화는 크게 나타나지 않았



(a) 1987년 표고분석



(b) 2001년 표고분석

그림 10. 표고의 변화.

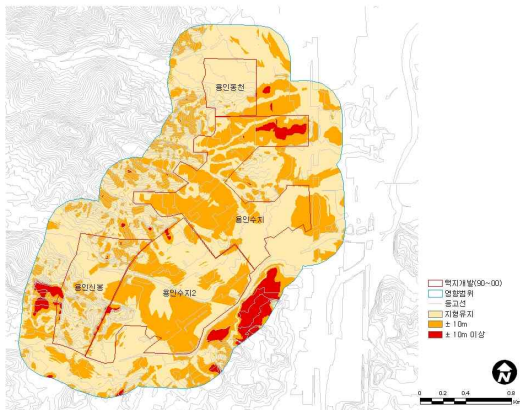
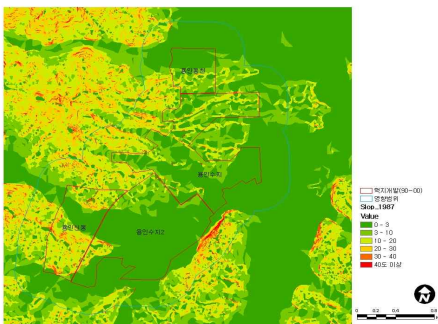


그림 11. 지형(표고)의 변화 범위.

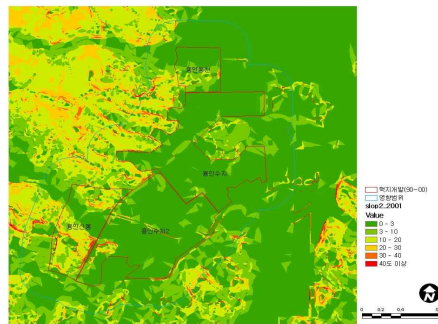
으나 2차로 개발된 수지2지구 주변지역은 약 20m이상의 표고차이를 보였다(그림 10). 최근 지형과 1987년 지형과의 표고차이를 분석한 결과 택지개발 내부지역은 지반고를 유지하기 위한 목

적으로 소규모의 변화가 보였으나 택지개발 주변 지역의 경우 표고차이가 10m이상 차이나는 등 주변지역은 도로 및 상가조성 등에 대한 개발압력이 보다 강한 것으로 나타났다(그림 11). 이러한 각각의 개발사업은 누적영향을 일으키는 잠재적인 요인이라고 판단된다.

경사분석 결과 택지개발 내부지역의 경우 지구 내 도로개설 등의 이유로 일부 지역에 대해서 경사가 급하게 나타났다. 수지1지구, 수지2지구, 동천지구, 신봉지구 주변지역의 경우 도로개설 및 택지조성으로 인해 비탈면이 생성되는 등 경사도 40도 이상의 급경사지가 높게 분포하고 있다(그림 12). 이는 개별적인 택지개발사업으로 인해 발생하는 급경사지의 면적변화보다 주변지역의 개발사업 집중으로 인한 지형변화의 정도가 더 큰 것으로 분석되었다.



(a) 1987년 경사분석



(b) 2001년 경사분석

그림 12. 경사의 변화.

IV. 결 론

인 용 문 헌

본 연구에서는 용인시 수지구 일대를 대상으로 택지개발의 집중이 산림에 미치는 누적영향을 시간적·공간적 측면에서 분석하였다. 분석 결과는 크게 네 가지로 종합할 수 있다. 첫째, 패치크기가 작으면 작을수록 개발사업으로 인한 누적영향에 민감하게 반응을 한다. 둘째, 개발사업과 직접적인 영향이 아니더라도 개발지역 주변은 농작물 재배 등과 같은 인간의 인위적인 행위에 쉽게 노출된다. 셋째, 농경지와 같이 인위적인 행위가 가해진 지역은 초지 및 산림지역에 비해 보다 빠른 시간 내에 시가화지역으로 변화한다. 마지막으로 1차적으로 일어난 개발사업보다 인접하여 개발된 지역 주변의 산림 훼손의 정도가 더 크다고 분석되었다.

이러한 누적영향의 정도를 누적영향의 타입으로 구분해 본다면 산림패치의 경우 패치크기가 처음에는 크게 감소하였으나 그 감소율이 점차 감소하여 일정규모의 크기에서 수렴되는 로그형의 누적타입을 보였으며 대상지역 내 패치수는 급감하는 선형 혹은 지수형의 누적타입을 나타냈다. 또한, 대상지 내 개발이 이루어지기 이전 산림지역이 개발이 진행됨에 따라 토지피복의 변화를 분석한 결과 택지개발지구 주변지역 역시 시가화지역으로 빠르게 변화하는 것을 알 수 있었다.

따라서 향후 개발계획 수립시에는 기존의 개발사업을 고려한 누적영향평가를 실시하여 누적적인 영향이 가장 최소화 되는 범위에서 실시되어야 한다. 본 연구는 이십여 년 간의 시간동안 택지개발사업이 산림에 미치는 영향을 누적영향의 측면에서 분석하였다는 점에서 의의가 있으며 향후 개발사업 지구의 입지선정뿐만 아니라 이를 위해서는 택지개발사업 입지단계에서 지역단위에서 영향평가를 실시하여 사전에 누적영향을 평가할 때나 지역내 산림보전을 위한 방안으로서 녹지총량제 도입에 기초자료로 활용될 수 있을 것이다.

오규식 · 정승현 · 이동근 · 정연우. 2006. 도시개발의 환경적 누적영향 평가체계. 국토계획 41(5) : 147-161.

조현재. 1997. 도시권역 삼림식생의 생태적 관리 기법개발 -부산광역시 황병산지역을 모델로 하여-. 월간임업 69호. pp.39-72.

Contant, C. K., and L. L. Wiggins. 1991. "Defining and analyzing cumulative environmental Impacts" Environmental Impact Assessment Review, 11(4) : 297-309.

Dickert, T. G., and A. E. Tuttle. 1985. Cumulative impact assessment in environmental planning : A coastal wetland watershed example. Environmental Impact Assessment Review, 5(1) : 37-64.

Gu, W., R. Heikkilä and I. Hanski. 2002. Estimating the consequences of habitat fragmentation on extinction risk in dynamic landscapes. Landscape Ecology, 17 : 699-710.

Kohn, D. D., and D. M. Walsh. 1994. Plant species richness - the effect of island size and habitat diversity. Journal of Ecology, 82 : 367-377.

Lomolino, M. V., and M. D. Weiser. 2001. Towards a more general species-area relationship : diversity on all island, great and small. Journal of Biogeography, 28 : 431-445.

MacArthur, R. H., and E. O. Wilson. 1967. The Theory of Island Biogeography, Princeton University Press, Princeton, NJ. In Richard B. Primack(1993) Essentials of Conservation Biology. Sunderland, Massachusetts : Sinauer Associates, Inc.

Meffe G. K., and C. R. Carroll. 1994. Principles of Conservation Biology. Sunderland : Sinauer Associate, Inc.

Triantis, K. A., M. Mylonas., K. Lika and K.

- Vardinoyannis. 2003. A model for the species-area-habitat relationship. *Journal of Biogeography*, 30 : 19-27.
- Smit, B., H. Spaling. 1995. Methods for Cumulative Effects Assessment. *ENVIRON IMPACT ASSESS REV*(15) : 81-106.
- Stull, E. A., M. B. Bain., J. S. Irving., K. E. LaGory and B. W. Witmer. 1987. Methodologies for Assessing the cumulative environmental effects of hydroelectric development of fish and wildlife in the columbia river basin. U. S. department of energy bonneville power administration division of fish and wildlife, portland, Oregon.
- http : //www.chosun.com(조선일보. 2005. 06. 28. '망가지는 국토' 그후 5년 <3> 난개발 용인은 지금.)
- http : //www.kukminilbo.co.kr(국민일보. 2005. 08. 28. 산림이 사라진다(상))
- http : //www.yonhapnews.co.kr(연합뉴스, 2006. 04. 05. 수도권 난개발 '녹지총량제' 추진)