

경관생태학에 의한 야생 동·식물 서식공간 설정방안 연구

노백호 박해경



한국환경정책·평가연구원
Korea Environment Institute

연구진

연구책임자 노백호 (한국환경정책·평가연구원 책임연구원)

참여연구원 박해경 (한국환경정책·평가연구원 위촉연구원)

산·학·연·정 연구자문위원

동덕수 (환경부 자연자원과 과장)

원창만 (국립환경연구원 동물생태과 연구사)

유정칠 (경희대학교 생물학과 교수)

이상돈 (이화여자대학교 환경학과 교수)

권영한 (한국환경정책·평가연구원 연구위원)

정홍락 (한국환경정책·평가연구원 책임연구원)

© 2004 한국환경정책·평가연구원

발행인 윤서성

발행처 한국환경정책·평가연구원

서울시 은평구 불광동 613-2

우편번호 122-706

전화 380-7777 팩스 380-7799

<http://www.kei.re.kr>

인쇄 2004년 11월

발행 2004년 11월

출판등록 제17-254호

ISBN 89-8464-116-2 93530

서 언

우리나라는 계절에 따른 기온 및 강우량의 변화가 뚜렷하며 반도라는 지리적 특성으로 인해 습지, 농경지, 산림, 초원 등 다양한 생물 서식공간을 보유하고 있습니다. 백두대간을 중심으로 살고 있는 대형 포유동물, 서·남해안을 따라 분포되어 있는 갯벌 등 연안 서식지를 이용하는 나그네 새 및 겨울 철새, 그리고 하천 생태계의 지표 역할을 하는 수달이나 양서류 등 국토 면적이 비슷한 다른 나라에 비해 높은 생물다양성을 나타내고 있습니다. 일찍이 야생 동·식물과의 공존하는 삶을 살았던 우리 조상들은 농경생활, 어업생활 및 수렵활동과 같은 경제활동을 하는데 있어 적정규모의 사냥이나 어로활동을 통해 다양한 야생 동·식물 및 서식지를 보존하여 우리 세대에 물려주었습니다. 그러나 인구의 팽창과 각종 개발사업으로 인해 생물의 서식공간은 크게 감소되었으며, 이에 따라 우리의 할머니, 할아버지가 마을 어귀에서 쉽게 만날 수 있었던 여우나 족제비와 같은 우리나라 토착종을 이제는 동물원이나 텔레비전을 통해서나 볼 수 있는 상황입니다.

다행히도 최근 들어 야생 동·식물을 보호하기 위한 움직임이 활발해지고 있습니다. 시민 사회의 의식변화와 함께 국제적 환경보호 의무를 이행하기 위한 생물 서식지의 보호 필요성이 높아짐에 따라 환경부에서는 ‘야생동식물보호법’을 제정하였으며, 특히 ‘야생동식물특별보호구역’을 지정하여 야생 동·식물의 서식공간을 보호하기 위해 노력하고 있습니다. 그러나 아직까지 보호구역의 위치나 면적을 설정하는데 있어 사용될 수 있는 과학적인 기준이나 절차가 미흡한 상태입니다. 이에 본 연구에서 제시한 야생 동·식물의 적정 서식공간을 설정하기 위한 서식변수 선정, 서식공간 설정절차 및 서식모형의 개발과 적용에 따른 한계 등은 시의적절하다고 판단됩니다. 특히 환경지리정보 및 국가지리정보 등 각종 공간정보 구축현황을 파악하여 야생 동·식물의 서식모형과 연계함으로써, 향후 야생 동·식물의 적합한 서식공간을 등급화하여 도면화하기 위한 기본적인 틀을 마련했다고 볼 수 있습니다.

본 연구에서 제시하고 있는 서식공간 설정방안이 정부의 야생 동·식물 및 서식지를 보호하는데 활용될 수 있기를 기대합니다. 특히 보호구역 지정이나 생태통로의

위치설정 등에 활용될 수 있기를 희망합니다. 본 연구를 통해 제시된 서식공간 설정 방안이라는 큰 틀에서 보다 구체적인 보호구역 지정이나 생태통로 설치를 위한 생물 종별 서식적합성도면을 제작하기 위해서는 후속 연구가 추진되어야 한다고 봅니다.

제한된 기간과 재원에도 불구하고 본 연구를 맡아 수행한 본 원의 노백호 박사와 연구에 참여한 박해경 연구원의 노고에 깊은 감사를 표합니다. 외부 자문위원으로 연구의 질적 향상에 도움을 주신 환경부 자연자원과 동덕수 과장, 국립환경연구원 동물생태과 원창만 박사, 경희대 생물학과 유정칠 교수, 이화여대 환경학과 이상돈 교수께도 감사를 드립니다. 또한 내부 자문위원으로 도움을 주신 권영한 박사, 정홍락 박사에게 감사드립니다. 연구자료 제공과 현지조사에 도움을 주신 국립환경연구원 생태조사단 강종현 연구원, (주)마일엔지니어링 이인수 이사 및 원주지방환경청 자연환경과 조성원 조사팀장께도 감사의 말씀을 드립니다.

2004년 11월

한국환경정책·평가연구원

원 장 윤 서 성

국 문 요 약

우리나라에서는 야생 동·식물을 보호하기 위해 멸종위기종을 지정하고 주기적으로 개체군의 크기와 변동에 대한 실태조사를 실시하고 있으나, 서식공간에 대한 체계적인 조사·연구의 부족으로 인해 야생 동·식물의 서식지를 평가하고 보호하기 위한 지식기반이 취약한 상태이다. 최근 환경 및 국가지리정보의 구축, 고해상도 위성영상의 상용화에 따라 비생물학적 환경요소에 대한 자료획득이 가능함으로써, 공간정보를 이용한 야생 동·식물의 서식공간 설정 필요성이 높아지고 있다. 이에 본 연구에서는 경관생태학적 접근방법과 지리정보시스템을 활용하여 야생 동·식물의 공간적 요구사항을 파악하고, 특히 생물 서식공간에 대한 지식기반 강화를 위해 서식변수의 선정, 서식모형의 개발절차 및 활용분야에 대해 살펴보았다.

서식공간 설정방안을 도출하기 위해 먼저 생물종의 서식에 영향을 미치는 생물학적 요소와 비생물학적 요소에 대한 자료 가용성 및 외국의 서식공간 설정 방법론을 검토하였다. 비생물학적 요소에 대한 자료로는 기후, 지형, 토양, 식생, 임상, 토지피복, 수계, 유량, 수질 등이 조사되고 있으며, 개체군의 규모 및 군집구성 등 생물학적 요소는 (1) 전국자연환경조사, (2) 야생동물실태조사, 그리고 (3) 겨울철조류동시센서스 등에 의해 파악될 수 있다. 비생물학적 환경요소에 대한 자료는 대부분 공간 DB로 구축되어 생물 서식공간 설정에 활용할 수 있으나, 생물학적 요소는 생태·자연도를 제작하는 전국자연환경조사를 제외하고는 아직까지 전산화 단계가 낮은 상태이다.

생물학적·비생물학적 자료에 대한 조사 및 구축현황, 그리고 외국사례의 검토를 토대로 서식적합성모형을 제시하였다. 서식적합성모형은 단일 생물종에 대한 서식모형으로써 생물군집에 대한 서식공간을 유형화하는 비오톱과는 구별된다. 서식적합성모형을 기반으로 서식적합성지도를 제작함으로써 활용도를 높일 수 있으며, 도면화를 위해서는 생물종에 대한 행동권 등 생태적 지식기반 강화와 함께 물리적 서식환경을 나타내는 공간정보가 지속적으로 구축되어야 한다.

서식적합성모형의 실제적인 활용 가능성을 살펴보기 위해 황소개구리와 청둥오리에 대한 사례연구를 실시한 결과, 야생 동·식물의 생태적 특성을 파악하기 위해서는 전국자연환경조사로는 미흡하며 관련 국내·외 문헌조사 및 전문가 활용이 필요하다. 특히, 야생동물실태조사 및 겨울철조류동시센서스에 대한 전산화가 선행되어야 한다. 한편 야생 동·식물의 생활을 충족시키기 위해 필요한 서식변수 특히 기후, 지형, 토양, 토지피복, 수계, 유량 및 수질 등 대부분의 비생물학적 환경변수는 공간정보로 구축되었으나 서식적합성모형에 적용할 수 있는 사례연구가 부족하다.

우리나라의 자료구축 현황 및 사례분석을 통해 알아낸 문제점을 감안하여, 서식적합성모형을 중심으로 다음과 같은 여섯 단계의 서식공간 설정절차를 제안하였다. 첫째, 서식모형 설정에 참여할 전문가 집단을 구성한다. 지질 및 지리학, 경관생태학, 동물행동학, 환경계획학, 보전생물학, 식생학 등 다양한 분야의 전문가가 참여하며, 특히 분석 대상지의 지역 전문가도 참여토록 한다. 둘째, 현지조사, 관련문헌 검토, 전문가 회의, 센서스자료, 연구 참여자의 경험 및 지식을 활용하여 대상 생물종에 대한 생태학적 정보를 획득한다. 셋째, 개발하고자 하는 서식모형의 공간적, 시간적 범위를 제한한다. 공간적 범위로는 한반도 전체를 대상으로 할 것인지 아니면 특정 지역으로 한정할 것인지 결정하며, 시간적 범위로는 대상 생물종의 전체 생애주기를 고려할 것인지 아니면 특정 생애주기나 계절만을 대상으로 서식모형을 개발할 것인지 결정한다. 넷째, 서식적합성모형에 의거하여 생물종에 대한 서식모형을 구축한다. 생물종의 성장을 제한하는 서식변수를 밝혀내고, 겨울철 먹이자원이나 번식 및 잠자리 등 생활조건과 서식변수간의 함수관계를 도출한다. 다섯째, 개발된 서식모형을 지표면상에 도면화한다. 여섯째, 서식모형을 토대로 제작된 서식적합도에 실제 관측 값(예, 개체수)을 적용·비교함으로써 서식모형을 평가한다. 또한, 서식모형에 대한 피드백 과정을 통해 지속적으로 모형을 수정·보완함으로써 서식모형의 정확성, 보편성 그리고 자료가용성을 향상시킨다.

차 례

서 언 국문요약

제1장 서론	1
1. 연구의 배경과 목적	1
가. 연구의 배경	1
나. 연구의 목적	2
2. 연구의 범위와 방법	3
가. 연구의 범위	3
나. 연구의 방법	4
제2장 이론적 고찰	6
1. 용어의 정의	6
가. 경관생태학	6
나. 야생동·식물	7
다. 생물서식공간	8
2. 서식공간 설정을 위한 고려사항	9
가. 자원과 조건	9
나. 서식공간 구성요소	12
3. 비오톱지도와 서식적합성지도	17
가. 지리정보를 활용한 생물서식공간 평가	17
나. 비오톱지도의 제작	20

다. 서식적합성모형 및 서식적합성지도	22
라. 비오톱지도와 서식적합성지도의 비교	23

제3장 생물서식공간 조사 및 설정현황 26

1. 야생동·식물 및 서식공간 조사 현황	26
가. 생물상 현황	26
나. 자연생태계 및 야생동·식물 관련 조사	27
다. 조사자료의 전산화 현황	36
2. 국내 서식공간 설정 현황	38
가. 야생동·식물 서식공간 관련 제도	38
나. 야생동·식물 관련 보호구역 지정현황	49
다. 야생동·식물 서식공간 관련 조사지역 설정현황	60
3. 서식공간 조사 및 설정에 따른 문제점	63
가. 서식공간 조사의 한계	63
나. 서식공간 설정의 한계	66

제4장 서식모형의 사례 구축 69

1. 생물종 및 사례지역 선정	69
가. 생물종의 선정	69
나. 개체수 변동 추이	70
다. 사례지역 선정	72
2. 서식변수와 공간자료의 활용	73
가. 서식변수의 선정	73
나. 공간자료 구축현황	79
다. 공간자료 활용	81

3. 서식모형의 구축	83
가. 황소개구리의 서식적합성모형 구축	83
나. 청둥오리의 서식적합성모형 구축	86
제5장 생물서식공간 설정방안 제시	90
1. 서식모형의 설정방법 및 비교평가	90
가. 서식모형 및 접근방법	90
나. 서식모형의 비교평가	93
2. 서식모형의 설정과정	94
가. 단일 생물종에 대한 서식모형	94
나. 생물군집에 대한 서식모형	96
3. 서식모형의 평가 및 활용방안	99
가. 서식모형의 평가	99
나. 서식모형의 활용방안	101
제6장 결론	104
1. 연구의 요약	104
2. 연구의 한계 및 향후 과제	106
참고문헌	108
Abstract	115

표 차 례

<표 1-1> 연구의 주요 내용 및 수행 방법	5
<표 2-1> 비오톱지도와 서식적합성지도의 비교	25
<표 3-1> 제2차 전국자연환경조사 현황	28
<표 3-2> 소권역별 조사구분 (우선, 일반)	29
<표 3-3> 도별·생활권별 실태조사구 현황	30
<표 3-4> 야생동물실태조사표(대구지방환경청의 예)	33
<표 3-5> 겨울철 조류 동시센서스 조사대상지 일련번호 및 지역명	35
<표 3-6> 야생동·식물 서식공간 관련 제도	39
<표 3-7> 생태계 변화관찰 기록표	41
<표 3-8> 조수보호구 설정 기준	43
<표 3-9> 명승·천연기념물의 국가지정문화재 및 보호구역 지정기준	45
<표 3-10> 람사습지 선정기준	48
<표 3-11> 야생생물 서식공간 관련 생태계보전지역 지정현황	52
<표 3-12> 토지이용에 따른 조수보호구 설정현황	53
<표 3-13> 지역별 조수보호구 지정현황	54
<표 3-14> 지역별 산림유전자원보호림 지정현황	55
<표 3-15> 지역별 보호수 지정건수	56
<표 3-16> 생물서식공간 관련 문화재 지정현황	58
<표 3-17> 아시아·태평양 이동성 물새 네트워크 국가별 현황	60
<표 3-18> 야생생물 서식공간 관련 생태계변화관찰 대상지역 지정현황	61
<표 3-19> 겨울철조류 동시센서스 상위 5개 조사지점 및 관찰 개체수	62
<표 3-20> 제1·2차 전국자연환경조사 비교	63
<표 4-1> 전국자연환경조사의 황소개구리 관찰건수	71
<표 4-2> 겨울철 조류 동시 센서스의 청둥오리 관찰 개체수	71
<표 4-3> 황소개구리의 생활조건별 서식변수	75
<표 4-4> 청둥오리의 생활조건별 서식변수	78
<표 4-5> 서식공간 구성지수 및 실제 계산사례	79
<표 4-6> 야생동식물 서식모형 관련 지리정보 유형분류	80

<표 4-7> 황소개구리의 서식변수 및 관련 지리정보 활용	81
<표 4-8> 청둥오리의 서식변수 및 관련 지리정보 활용	82
<표 5-1> 서식모형 및 모형개발을 위한 접근방법	91
<표 5-2> 목표 생물종 선택에 있어 고려대상 생물종	99

그 립 차 례

<그림 2-1> 생물종의 성장(생존 · 생식 · 번식)을 위한 환경조건	11
<그림 2-2> 경관생태 원리에 따른 서식공간 평가	15
<그림 2-3> 서식적합성모형의 개발과 서식적합성지도	22
<그림 3-1> 겨울철 조류 동시센서스 전체 조사지역	34
<그림 3-2> 전국자연환경조사 연도별 조사현황도	37
<그림 4-1> 청둥오리와 황소개구리 사진	69
<그림 4-2> 제2차 전국자연환경조사 황소개구리 발견지점	72
<그림 4-3> 겨울철 조류 동시 센서스 결과 청둥오리 주요 도래지	73
<그림 4-4> 육상-하천 경계밀도(edge density) 차이 비교	74
<그림 4-5> 황소개구리의 서식적합도 곡선	84
<그림 4-6> 청둥오리의 서식적합도 곡선	87
<그림 5-1> 단일 생물종 서식모형 설정절차 및 서식적합성모형 개발	95

제1장 서론

1. 연구의 배경과 목적

가. 연구의 배경

야생 동·식물 개체수 변동추이에 대한 연구에 따르면, 야생 동·식물의 종풍부도 (species richness)가 떨어지고 생물종 다양성이 감소하고 있다(환경부, 2003a). 급속한 인구증가와 함께 공급위주의 국토개발정책으로 야생 동·식물의 생활공간인 산림이나 갯벌이 파괴·감소되거나 파편화됨에 따라 서식공간의 질이 저하되고 있다. 즉, 지난 30년간 제주도 면적($1,847.78 \text{ km}^2$)을 상회하는 $2,345.07 \text{ km}^2$ 의 산림이 주거 또는 공장용 대지 등으로 전환되었다. 1974년 총 $66,408.39 \text{ km}^2$ 이었던 임야면적은 2003년 $64,063.32 \text{ km}^2$ 로 감소되어 매년 약 0.1% ($78.2 \text{ km}^2/\text{년}$)비율로 감소되었으며(산림청, 1975, 2004), 생물다양성의 보고인 갯벌 또한 최근 10년 동안 1.4% ($38.4 \text{ km}^2/\text{년}$) 비율로 줄어들었다 (환경부, 2003b). 이에 따라 30년전 우리의 할머니, 할아버지가 마을 어귀에서 쉽게 만날 수 있었던 족제비나 여우와 같은 우리나라 토착 생물종을 이제는 동물원이나 텔레비전을 통해서나 볼 수 있는 상황이다.

지형 및 계절의 변화가 뚜렷하며 해양과 육상생태계가 만나는 지리적 위치로 인해 우리나라는 다양한 형태의 서식공간을 갖고 있으며, 이에 따라 종풍부도가 상대적으로 높다. 백두대간을 비롯한 산림지역에 서식하는 대형 포유동물, 서·남해안 수면부와 농경지에 월동하며 먹이를 얻는 겨울 철새, 하천 생태계의 건강성을 나타내는 참개구리 및 수달 등 다양한 야생 동·식물이 서식하고 있다. 야생 동·식물의 서식공간을 보전·창출함에 따라 한반도에 살고 있는 우리들은 사회·경제·문화·위락·심미적 측면에서 다양한 혜택을 받게 되며(유병호, 1999, 김용식, 2003, 원창만, 2003), 최근 국가 기반산업으로 부각되고 있는 생물산업(Bio-Tech)의 기반이 되는 생물종 및 유전자원을 확보할 수 있다. 일찍이 야생 동·식물 및 서식공간의 중요성을 인식한 선진국에서는 토착 생물종의 서식공간을 보호하기 위해 여러 가지 정책, 제도 및 계

획을 수립·시행하고 있다.

우리나라에서도 토착 생물종의 서식공간을 보호하기 위해 법적 효력이 있는 보호 구역을 지정하며, 개발에 따른 서식공간의 단절을 완화하기 위해 생태통로를 설치하는 등의 노력을 하고 있다. 환경부에서는 수달, 매화마름 등 멸종위기에 처한 야생 동·식물의 서식공간을 보호하기 위해 「야생동·식물특별보호구역」을 지정하도록 오는 2005년 2월부터 시행될 「야생동·식물보호법」에 규정하고 있다. 또한, 야생 동·식물을 보호하기 위해 2003년말 48개의 생태통로를 설치하여 파편화된 서식공간을 연결하였으며, 이때 목표대상 생물종의 이동경로나 생태적 특성을 감안하여 생태통로의 위치·크기·형태 등을 결정토록 하고 있다(환경부, 2003c). 그러나 보호구역이나 생태통로를 설치하는데 필요한 야생 동·식물의 서식공간에 대한 합리적 설정방안에 대한 연구가 미흡한 형편이다.

다행스러운 일은 서식공간을 파악하는데 유용하게 활용할 수 있는 야생 동물에 대한 서식실태 조사가 1967년부터 실시되었으며, 야생 동·식물의 개략적인 공간분포에 대한 도면화 작업이 2005년 2월에 완료될 예정이다. 비록 포유류와 조류 등 일부 척추동물에 제한되어 있지만 「야생동물 실태조사」는 810개 고정조사구에 대해 주기적 조사를 실시함으로써 전국에 걸친 서식환경을 수평적으로 살펴볼 수 있으며, 「전국자연환경조사」에 의해 획득된 야생 동·식물의 분포 현황도는 포유류, 조류, 양서류, 파충류, 곤충류 및 야생 식물에 대한 서식실태를 파악하는데 중요한 자료로 활용할 수 있다. 더욱이 국가 및 환경지리정보 등 각종 지리정보구축사업과 고해상도 위성영상의 상용화에 따라 전국에 걸쳐 기후·지형·토양·수계·토지피복 등 비생물적(abiotic) 환경요소에 대한 자료획득이 가능해짐에 따라, 경관생태학적 접근방법에 의거한 야생 동·식물의 서식공간 설정을 위한 기초 자료가 축적되고 있다.

나. 연구의 목적

본 연구에서는 야생 동·식물의 서식공간에 대한 설정방안을 제시하고자 한다. 야생 동·식물을 보호하기 위한 보호구역 지정이나 파편화된 서식공간을 연결하기 위

한 생태통로의 위치 및 크기 등을 결정하기 위해서는 먼저 야생 동·식물의 생활조건과 공간적 요구사항을 파악해야 한다. 대상 지역 가운데 최적의 서식공간 위치를 파악하여 보호구역으로 지정하거나 생태통로로 결정함으로써 야생 동·식물을 보호할 수 있다.

특히 공간적 요구사항을 경관생태학적 접근방법에 의거하여 계량화함으로써 정책 입안자나 토지관리자의 야생 동·식물 보호 및 관리방안 수립에 도움이 될 수 있도록 한다. 경관생태학적 관점에서 야생 동·식물의 서식공간을 파악하기 위해서는 국가 지리정보, 환경지리정보 등 지리정보 구축현황을 파악하고 야생 동·식물의 생활조건과 연계시켜야 한다. 이에 본 연구에서는 지리정보를 토대로 적정한 위치 및 규모의 생물 서식공간을 설정하기 위해 야생 동·식물의 생활조건 및 공간적 요구사항을 경관생태학적 관점에서 파악하기 위한 방안을 제시한다.

2. 연구의 범위와 방법

가. 연구의 범위

경관생태학적 관점에서 야생 동·식물의 서식공간을 설정하기 위해 경관생태학에서 취급하는 시간적, 공간적 범위를 살펴보고자 한다. 생태계(ecosystem)¹⁾에 비해 경관(landscape)은 계층적으로 파악할 수 있다. 즉, 생태계는 생물종 및 주변 환경과의 구조와 기능을 파악함에 따라 협소한 지역에서부터 광활한 지역까지 포괄할 수 있는 반면, 경관은 km^2 단위의 공간적 크기와 10~100년 사이의 시간적 범위를 연구 대상으로 한다(Forman, 1995, Wu et al. 2001, 정홍락 외. 2003). 야생 동·식물의 서식공간 설정을 위한 분석 대상의 크기를 경관생태학적 관점에 따라 설정(즉, landscape scale)하는 본 연구에서는 전통 생태학에서 취급하던 방형구를 이용한 식물의 개체수 등

1) 생태계(ecosystem)는 다양한 생물종들의 군집과 생물종을 둘러싼 주변 환경(예, 토양, 기후, 지형 등)을 포함하며, 더 나아가 생물종간, 단일 생물종내 개체간, 또는 생물종과 주변 환경과의 협조적, 대립적 상호관계 등을 포괄하는 개념이다(Tansley, 1935).

m² 또는 시간 단위의 소축척(finer scale)은 제외하고, 또한 동북아를 대상으로 하거나 세기를 시간 단위로 하는 대축척(coarse scale)도 연구 범위에 포함하지 않는다.

내용적 범위에 있어 단일 생물종에 대한 서식공간 설정방안과 생물군집에 대한 서식공간 설정방안으로 구분할 수 있다. 문헌연구 등을 이용하여 해당 생물종의 생활 조건 및 공간적 요구사항을 파악함에 따라 단일 생물종에 대한 서식공간 설정방안을 제시할 수 있다. 생물 군집에 대한 서식공간을 설정하기 위해서는 생물 군집을 구성하는 개별 생물종에 대한 서식공간에 대한 이해가 선행되어야 한다. 이에 따라 본 연구에서는 단일 생물종의 서식공간 설정방안에 초점을 맞추고, 후속 과제에서 생물 군집에 대한 서식공간 설정방안을 다루고자 한다.

야생 동·식물의 위치 정보에 대한 전산화가 미흡한 현 상황에서 생물종별로 서식공간을 설정하기 위해서는 생물종에 대한 생활조건 및 공간적 요구사항, 그리고 관련 지리정보 구축현황을 파악하는 것이 선행되어야 한다. ‘생태·자연도’에 의거하여 야생 동·식물의 공간분포 현황이 2005년 2월에 도면화됨에 따라 후속 과제에서 서식공간의 위치 정보를 활용하여 생물종별 서식적합도(habitat suitability map)를 나타내고자 한다. 본 연구에서는 생물서식지의 설정 및 보호를 위해 현재 사용되는 각종 법률 및 제도를 검토하고, 사용가능한 야생 동·식물 서식공간 및 지리정보 구축현황을 파악함으로써, 생물 서식공간의 설정 및 관리에 따른 문제점을 파악한다. 사례연구, 국내·외 문헌검토 등을 토대로 우리나라에서 활용할 수 있는 단일 생물종에 대한 서식공간 설정절차 및 적용모형을 제시한다. 후속 연구를 통해 야생 동·식물의 위치 정보를 토대로 수달, 매화마름 등 생물종별로 서식공간을 설정하고 관리방안을 제시한다.

나. 연구의 방법

본 연구에서는 야생 동·식물의 생활조건 및 공간적 요구사항에 대한 국내·외 문헌조사와 함께 현지조사를 병행한다. 문헌조사를 통해 관련된 용어 정의, 서식공간 설정에 필요한 고려사항, 생물종 및 생물군집에 따른 서식공간 설정의 대표적 사례인

서식적합성모형(habitat suitability index, HSI)과 비오톱(Biotop)에 대해 고찰한다. 우리나라의 서식공간 설정기준 및 현황을 파악하기 위해 현지조사 및 전문가 초청 세미나를 통해 야생 동·식물 조사, 서식공간을 보호하기 위한 보호구역의 지정현황 및 설정기준, 그리고 조사 및 보호구역 설정에 따른 문제점을 살펴본다. 연구 대상 생물종 및 사례지역을 선정하여, 이용 가능한 자료를 획득하고 각종 생태적 지식을 토대로 서식모형을 구축한다. 국내·외 야생 동·식물 서식공간 설정현황 및 사례연구를 통해 획득한 정보를 토대로 야생 동·식물의 서식공간 설정방안을 제시하며, 이때 전문가 자문 및 관련문헌 검토를 통해 정리된 의견을 반영한다.

<표 1-1> 연구의 주요 내용 및 수행 방법

구분	세부 내용	수행 방법
서론	- 연구의 배경과 목적 - 연구의 범위와 방법	
이론적 고찰	- 용어의 정의 - 서식공간 설정을 위한 고려사항 - 비오톱지도와 서식적합성지도	- 국내·외 문헌 조사 - 국내사례 검토
생물서식공간 조사 및 설정현황	- 야생동·식물 및 서식공간 조사현황 - 국내 서식공간 설정 현황 - 서식공간 조사 및 설정에 따른 문제점	- 전문가 세미나 - 국내문헌 조사 - 현지조사
서식공간 설정 사례	- 사례지역 및 생물종 선정 - 공간자료의 활용 검토 - 서식모형의 구축 및 도면화	- 해외사례 조사 - GIS 자료수집 - 공간분석
생물서식공간 설정방안 제시	- 서식모형의 접근방법 및 비교평가 - 서식모형의 설정절차 - 서식모형의 평가 및 활용방안	- 전문가 자문 - 관련문헌 검토
결론	- 연구의 요약 - 연구의 한계 및 향후 과제	

제2장 이론적 고찰

1. 용어의 정의

학문분야 또는 학자에 따라 사용하는 용어의 차이로 인해 연구에 대한 오해 또는 난해가 발생하는 경우가 종종 있다. 학제간 용어 정의의 차이로는 경관생태학자와 조경학자에 따른 경관(landscape)의 정의, 생태학자와 지리학자에 의한 스케일(scale)에 대한 개념 정의가 대표적이다. 이에 본 연구에서는 주요 용어에 대한 개념을 정립하고자 하며, 본 연구의 틀을 이해하는데 핵심분야인 경관생태학(landscape ecology), 야생 동·식물(wild fauna and flora), 그리고 생물서식공간(habitat)을 중심으로 사용되는 주요 용어에 대해 살펴본다.

가. 경관생태학

경관생태학(landscape ecology)은 생태학과 지리학을 기반으로 생태계의 구조나 기능을 해석하거나 변동을 파악하는데 있어 공간적 이질성을 고려하는 학문분야이다. 전통적인 생태학에서는 생물체의 구조 및 상호관계, 그리고 생물체와 주변의 물리적 환경요인과의 관계를 살펴보는데 있어 연구대상지를 동일한 특성을 갖는 땅 덩어리로 파악하였으나, 현실적으로는 연구 대상지내 위치에 따라서 상이한 생태적 특성을 나타내게 된다. 예를 들어, 서울 불광동의 한국환경정책·평가연구원 주변에서 발견되는 청설모의 먹이활동은 위치에 따라 다르게 나타날 것이다. 즉, 경사지에 위치한 교목층에서는 나무 열매나 조류의 알을 주요 먹이원으로 이용하며, 경계부에 위치한 평탄한 관목층에서는 주로 곤충의 갑충 등을 먹이로 이용하는 등 위치에 따라 다른 형태의 먹이취득 활동을 나타낸다.

이와 같이 공간적 이질성을 전제로 생물체의 상호관계를 파악하는 학문분야를 경관생태학이라고 하는데, 최근 들어 급속하게 발전한 컴퓨터의 저장·처리능력과 원

격탐사를 통한 자료 획득으로 인해 공간적 이질성을 쉽게 표현할 수 있게 됨으로써 경관생태학은 비약적으로 발전하고 있다. 특히, 토지관련 정책결정자에게 익숙한 공간적 크기인 수십 km^2 의 경관 단위에서 생태계의 구조와 기능을 표현함으로써 정책결정자에게 생태계의 중요 특성을 설명하는데 적합한 학문분야로 부각되었다. 또한, 인간의 사회·경제적 활동을 자연생태계의 구성요소로 포함하여 자연현상을 이해하고자 하며, 인간활동에 의해 야기되는 각종 환경문제를 해결하는데 있어 지리적 분포 및 상호관계를 주요한 분석 대상으로 삼고 있기 때문에, 인간에 의한 교란이 심각한 우리나라의 환경문제 해결에 있어서도 적합한 방법론을 많이 제시할 수 있다.

다만, 생태네트워크, 바이오툼 지도제작, 자연형 하천복원 등 다양한 분야에서 경관생태학의 원리를 적용함에 따라 학제간 용어의 혼란이 발생되기도 한다. 경관생태학자는 '경관(landscape)'을 상이한 생태계의 집합으로 일정한 규칙성을 나타내는 땅 덩어리로 파악하는 반면, 조경학자는 인간의 눈에 보여지는 자연 및 인공풍경 등 심미적 측면을 중심으로 정의한다. 스케일에 있어서도 지리학자는 좁은 면적에 대해 상세한 내용을 표현한 도면(예, 1/500)을 대축척(large scale)이라 부르는 반면, 경관생태학자는 좁은 면적을 표현할 경우 소축척(small scale)이라 한다. 본 연구에서는 경관생태학적 관점에서 경관 및 스케일에 대해 정의하며, 특히 스케일은 연구대상지의 크기를 나타내는 범위와 조사·분석의 정밀도를 나타내는 해상도로 파악한다.

나. 야생동·식물

야생 동·식물(wild fauna and flora)이란 인간에 의해 길들여지지 않고 산, 들 또는 물위에 사는 동물 및 식물을 말한다. 본 연구에서 동물의 알, 애벌레, 번데기 및 식물의 씨앗, 열매 등과 같이 생성 또는 발육과정에 있는 것은 야생 동·식물에 포함하지 않는다. 인간에 의해 포획·사육되고 있는 동물이나 하우스 등에서 재배되고 있는 식물, 그리고 죽은 동물 및 식물도 야생 동·식물의 범위에서 제외한다. 다만, 포획 또는 사육되던 동물이 일정기간에 걸쳐 인간의 통제가 아니라 야생에서 생존했을 경우 야생동물로 간주한다. 예를 들어, 러시아의 동물원에서 사육되던 반달가슴곰을 경우 야생동물로 간주한다.

이 지리산에 방사되거나, 양식되던 물고기나 자라를 방생한 다음 일정기간이 경과된 다음에도 죽지 않고 산이나 들 또는 하천에서 생존할 경우, 본 연구에서는 이를 야생 동물로 간주한다.

야생 동·식물의 범위는 국가, 관리주체 또는 법에 따라 달라지는데, 크게 척추동물과 무척추동물 그리고 식물로 구분할 수 있다. 생물다양성협약에 의해 생물자원에 대한 국가간 경쟁이 심화됨에 따라 국제적으로 생물자원의 확보를 위해 야생 동·식물의 범위를 확장하는 추세이다. 우리나라도 그동안 조류 및 포유류에 대해서만 규정하고 있던 「조수보호및수렵에관한법률」을 폐지(2005년 2월)하고 「자연환경보전법」에 규정된 야생동·식물 관련 조항을 통합한 「야생동·식물보호법」을 시행(2005년 2월)코자 하는데, 이에 따르면 포유류 및 조류 이외에 양서류, 파충류, 어류, 곤충류, 무척추동물, 식물, 해조류를 야생 동·식물로 포함하고 있다. 이에 본 연구에서는 조류 및 포유류와 함께 양서류, 파충류, 곤충류, 그리고 야생 식물을 야생 동·식물의 범주로 포함한다.

다. 생물서식공간

생물서식공간(habitat)란 야생 동·식물이 생존, 생식, 번식하기 위해 차지한 일정한 환경으로써, 하천, 호수, 늪, 소택지, 초지, 산림 등이 포함된다. 여기서, 생존(survival)이라 함은 생물체가 내부 또는 외부의 환경변화에 적응하며 살아가는 것을 의미하며, 생식(growth)이란 생물체가 영양분을 섭취하며 물질대사를 통해 바이오매스(biomass)를 늘려가는 과정을 지칭하고, 번식(reproduction)은 새끼의 출산을 나타낸다. 생물서식공간과 유사한 개념으로 지위(niche)라는 용어가 사용되는데, 지위는 특정 공간을 의미하지 않고 먹이사슬에서의 해당 생물체가 차지하는 위치를 의미한다. 즉, 생물서식공간을 '집'에 비유하면, 지위는 '직업'으로 비유할 수 있다.

일반적으로 우리나라에서 생물서식공간의 설정이나 조성에 대한 연구는 다양한 생물군집의 서식공간을 나타내는 비오톱을 의미하는데, 비오톱(Biotop)은 하나의 생물종보다는 생물군집에 대해서 또한 자연상태보다는 도시지역에 대한 서식공간의 유형

분류를 의미하는 것으로 독일에서 유래된 용어이다(서울특별시, 2000, 2002, 성남시, 2001). 한편, 미국 등 영어권에서는 단일 생물종과 생물군집에 대한 서식공간을 habitat라는 단일 용어로 사용하고 있다. 본 연구에서는 개별 생물종의 관점에서 생물서식공간을 살펴보기 위해 habitat를 생물서식공간에 대한 개념으로 적용한다. 대체적으로 식물의 서식공간은 기후, 토양, 수계, 지형과 같은 물리적인 특성으로 설명되는 반면, 동물의 서식공간은 물리적 특성과 함께 식물군락의 조성 및 공간적 배치에 의해 파악할 수 있다.

위와 같은 생물서식공간은 다양한 특성을 갖게 되는데, 시간의 흐름에 따라 지속성을 나타내거나 계절적, 시간적으로 특정시점을 선호하는 경우, 공간적 분포에 있어 널리 분포되거나 어떤 지점에 집중되어 나타나는 등, 한 가지 특성으로 서식공간을 규정하기 어렵다 (Molles, 1999). 따라서 현실적으로 생물서식공간은 여러 번에 걸친 조사에서 몇 회 이상 특정 생물종이 출현된 경우에 한해 서식공간으로 규정할 수 있다. 예를 들어, 5회 이상의 조사에서 3회 이상 야생 동·식물을 발견한 경우(시간적, 공간적)에 대해서만 해당 생물의 서식공간으로 간주한다(Wu et al. 2001).

2. 서식공간 설정을 위한 고려사항

가. 자원과 조건

야생 동·식물의 성장에 필요한 대표적인 2가지 요소로는 서식자원(resource)과 환경조건(condition)이 있는데, 서식공간 설정을 위한 토대를 마련하기 위해 이에 대해 알아본다.

생물체에 의해 ‘소비’되는 모든 것을 자원이라 한다. 예를 들어 질산염, 인산염 및 빛은 식물이 성장(생존, 생식, 번식)하는데 필요한 자원이고, 화분·화밀 또는 넘어진 나무조각 등은 벌들이 살아가면서 소비하는 자원이다. 다람쥐의 서식자원으로는 도토리, 종자, 나무껍질, 수동 등이 있다. 여기서 ‘소비’란 어떤 생물체에 의해 먹이로 사용되거나, 성장을 위해 이용되는 것을 의미한다. 좀 더 명확히 정의하면 어떤 생물

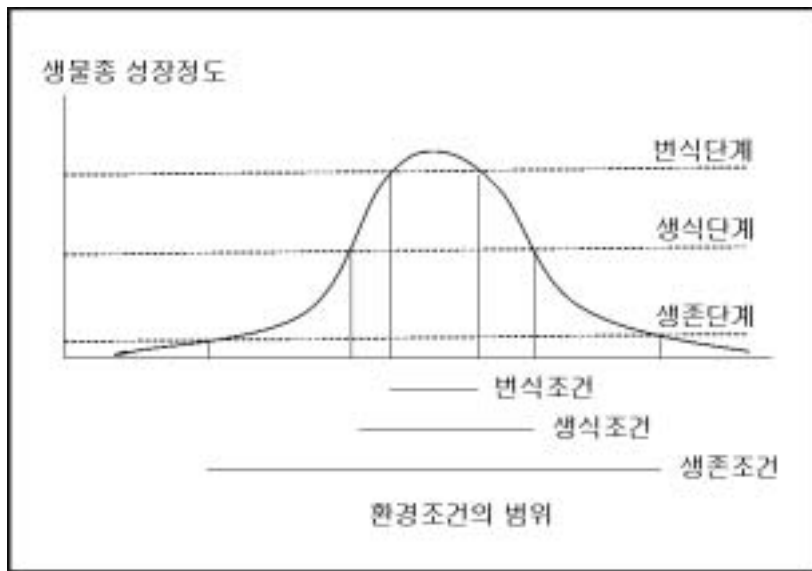
체에 의해 이미 이용된 경우 다른 생물이 더 이상 사용할 수 없을 경우에 이를 자원이라 칭한다. 즉, 한 무리의 벌이 사용하는 나무조각을 다른 무리의 벌은 사용할 수 없으므로 나무조각을 서식자원으로 간주한다. 따라서 서식자원은 생물에 의해 사용됨에 따라 지속적으로 공급량이 줄어들기 때문에 계량화하여 나타낼 수 있다.

자원을 구성하는 것은 크게 3가지로 나눌 수 있는데, 1) 생물을 구성하는 각종 물질 즉 먹이자원, 2) 생물의 성장활동과 관련된 에너지자원, 그리고 3) 일생을 거쳐 서식하는 장소자원으로 분류할 수 있다. 녹색식물은 초식동물의 먹이자원이 되며, 초식동물은 육식동물의 먹이자원이 된다. 광합성을 위해 식물이 획득한 태양 복사는 에너지자원이 되며, 번식지 또는 자생지 등으로 이용되는 곳은 장소자원이 된다. 특히, '최소존속가능개체군'(minimum viable population)을 유지하기 위해 행동권 및 서식밀도를 고려한 적절한 크기의 장소자원이 필요하다. 위의 3 가지 자원은 상호 영향을 주고 받는다. 예를 들어, 충분한 공간자원을 확보한 경우, 먹이자원과 에너지자원 역시 쉽게 얻을 수 있다.

먹이자원, 에너지자원, 그리고 공간자원을 고려하여 본 연구에서 야생 동·식물 서식공간을 위한 구성요소로 먹이, 물, 보금자리를 사용한다. 먹이의 경우, 서식환경에 있어 가장 먼저 고려해야 할 중요한 요소이다. 우리나라와 같이 계절에 따라 먹이 공급량이 변화하는 온대지방의 경우, 겨울철에 사용할 수 있는 가용 먹이량을 계산해야 정확하게 서식공간을 평가할 수 있다. 물은 모든 생물의 성장에 있어 기본이 되는 물질이다. 특히, 여름철에 집중되는 강우로 인해 우리나라는 계절에 따른 유량 및 수질의 변동이 심하다. 이에 따라, 하천이나 호소의 공간적 분포와 함께 계절에 따른 수자원 변동을 고려하여 서식공간을 평가해야 한다. 보금자리는 식물이나 동물이 성장하는데 필요한 자원을 획득할 수 있는 장소로써, 다양한 목적으로 구분할 수 있다. 영양분을 획득할 수 있는 장소, 추위나 포식자로부터 피할 수 있는 피난장소, 야생동물이 휴식 또는 잠자리를 취할 수 있는 장소, 번식할 수 있는 장소 등 다양한 목적의 보금자리가 필요하다. 일반적으로 보금자리는 먹이자원과 함께 야생 동물의 서식밀도와 생존력을 좌우하는 중요한 요소이다.

환경조건(condition)은 비생물학적 구성요소로서 장소나 시간에 따라 변화하며, 환

경조건의 변화에 따라 생물체도 다양한 반응을 나타낸다. 대표적인 예로는 온도, 상대습도, 수소이온지수(pH), 염분도 및 유속 등이 포함된다. 환경조건은 서식하는 생물체의 구성에 따라 바뀌는데, 예를 들어 온도 및 상대습도는 산림지역내 상층목의 울폐도에 따라 변한다. 그러나 서식자원과 달리 환경조건은 생물체에 의해 '소비'되지 않기 때문에, 생물체에 의해 끝없이 '소비'될 수 있다.



<그림 2-1> 생물종의 성장(생존 · 생식 · 번식)을 위한 환경조건

외부 교란요인을 배제하고 살펴볼 때, 생물체는 최적 조건에서 가장 빠르고 왕성하게 성장하고 최적의 조건보다 높거나 낮은 상태에서는 성장력(활동력)이 떨어진다. 여기서 성장활동의 가장 높다는 것은 어떤 개체가 가장 많은 후손을 유지시킴을 의미하는데, 실질적으로 후손의 생존율을 알아내기는 무척 어렵다. 이에 따라, 한번의 출산에서 나온 새끼수, 연간 출산회수, 생존율 등을 계산하여 성장력에 대한 대응 변수로 이용한다. 대부분 환경조건의 변화에 따른 생존율이나 연간 번식회수 등이 동일한 곡선을 나타내지 않는다. 즉, 생식 또는 번식하기 위한 환경조건은 생존하기 위한 환경조건보다 훨씬 좁게 나타나는데, 이는 번식을 위한 환경조건이 매우 제한적임을

의미한다. 환경조건에 따른 성장곡선은 언제나 똑같은 형태를 나타내는 것이 아니라, 생물종 및 생애주기에 따라 다른 형태를 보인다.

나. 서식공간 구성요소

포식자 및 경쟁자가 없는 상태로써 단지 물리적 외부환경에 의해서만 야생 동·식물의 서식공간을 설정할 경우는 다른 생물체와의 관계를 고려한 서식공간과는 다르게 나타난다. 본 연구에서는 외부의 물리적 환경요소를 고려하여 서식공간을 설정하고자 하며, 외부 요소로는 크게 먹이(food), 물(water), 커버(cover) 그리고 공간(space)으로 구분한다(이우신, 2001). 인간간섭이 증가함에 따라 서식공간을 고려하는데 있어 인위적인 교란(예, 화재 및 방목, 도로건설, 골프장 등 개발사업 등)을 서식공간 구성요소에 포함하고자 한다.

1) 먹이

모든 생물체에게 서식공간의 질을 평가하는데 있어 가장 중요한 요소는 먹이자원이다. 먹이를 획득할 수 있는 가능성은 지역 또는 시기에 따라 차이가 있는데, 열대우림지역과 같이 항상 먹이자원이 풍부한 지역과 달리 우리나라와 같은 온대지역은 겨울철 또는 건조기에 먹이자원을 얻기 어렵다. 식물의 경우, 성장기인 봄철에 영양분을 뿌리 또는 잎으로부터 충분히 공급받을 수 있는 환경이 조성되어야 하며, 동물은 번식기에 양질의 영양분을 요구하는데 이는 어미와 새끼의 생존에 있어 매우 중요하다. 예를 들면, 메추라기(scaled quail)는 4-7월 사이에 주로 번식하는데 이때 섭취하는 먹이는 초본식물의 잎이나 나무 열매보다는 곤충을 선호한다. 곤충은 어미 메추라기 및 새끼에게 양질의 단백질을 제공함으로써 메추라기의 생존율을 높여준다.

서식공간을 구성하는 먹이자원은 크게 먹이의 공급량, 질, 그리고 계절적인 변화로 평가할 수 있다. 일반적으로 개체수는 먹이의 공급량에 따라 늘어나고, 먹이의 질은 번식기 또는 성장기에 있는 동물의 새끼나 식물의 종자가 발아(성장)할 수 있는 환경

에 중요한 요소이다. 특히, 겨울철의 먹이자원은 야생 동·식물의 사망률과 함께 다음 해 해당 생물의 번식 및 성장에 영향을 미친다.

2) 물

물은 서식환경을 결정하는 중요한 요인이며, 야생 동·식물의 성장에 직·간접적인 영향을 미친다. 식물이 성장하기 위해서는 빛과 함께 물(H_2O)과 이산화탄소(CO_2)가 필요한데, 사막과 같이 강우량이 적고 건조한 지역의 식물은 기공을 닫아 수분의 손실을 막고, 발달된 뿌리조직을 통해 가능한 많은 물을 획득한다. 예를 들면, 북미 남서부지역에 널리 분포되어 있는 콩과 식물인 메스퀴드(honey mesquite)는 건조한 기후에서 생존하기 위해 뿌리조직이 줄기조직보다 발달되어 있는데, 이에 따라 뿌리조직의 성장을 위한 토양특성이 서식공간에 주요 요인이 된다.

생물서식공간의 서식 질을 평가하는데 있어 생물 종에 따라 수질, 수온, 유량, 유속, 투명도 등이 영향을 미칠 수 있다. 본 연구에는 포함하고 있지 않으나, 어류 또는 대형무척추동물(예, 거머리, 물달팽이 등)의 경우 물은 그 자체가 서식공간이다. 한편, 개구리나 도롱뇽과 같은 양서류와 조류, 포유류에게 있어서 물을 섭취하는 것은 체내의 수분을 보충하는 곳으로 매우 중요하다. 강우량이 적은 지역에 서식하고 있는 선인장이나 캥거루 쥐(kangaroo rat)는 체내 수분을 증발하지 않고 물을 효율적으로 사용한다. 우리나라와 같이 물을 쉽게 얻을 수 있는 지역에서는 서식환경에 있어 물은 제한요인(limiting factor)이 되지 못하지만, 겨울철과 같이 강우량이 적은 계절에는 하천이나 호소에 대한 접근성이 중요하다.

3) 커버

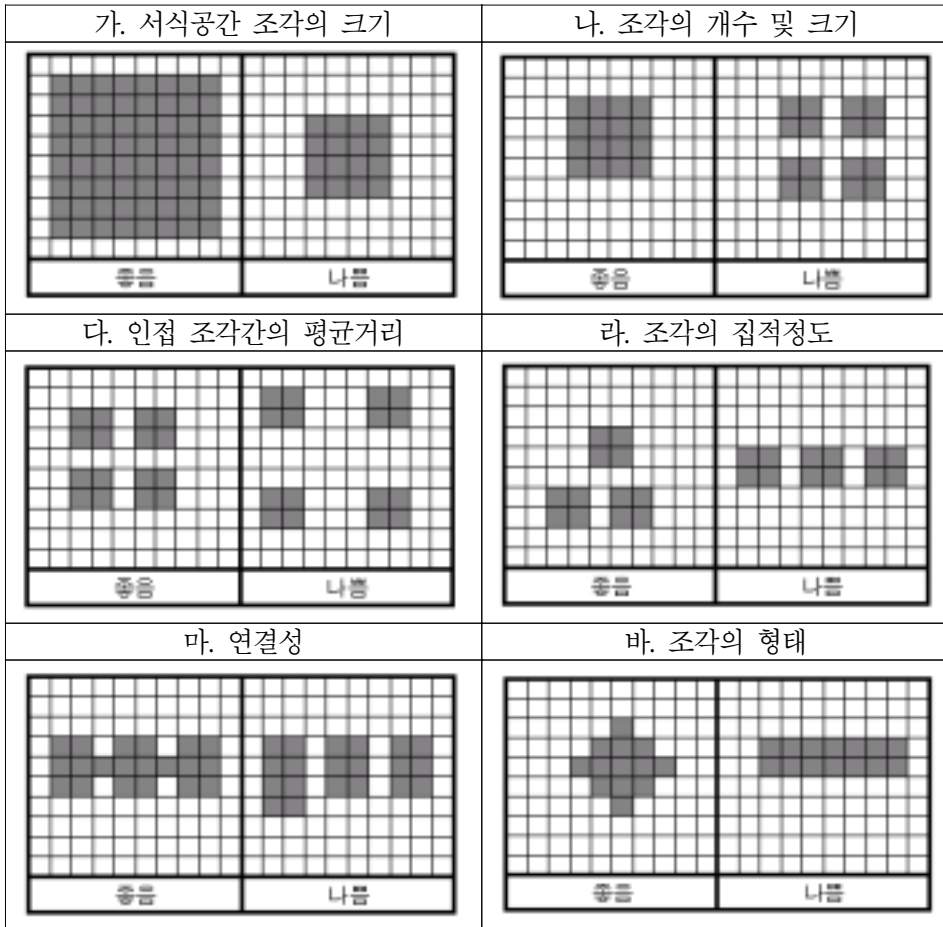
야생 동·식물이 외부의 환경변화로부터 자신을 보호할 수 있는 공간을 커버(cover)라고 지칭하는데, 이는 5가지 유형(피난, 휴식, 월동, 잠자리, 번식)으로 구분할 수 있다(김상욱, 1995). 피난처는 폭풍이나 가뭄과 같은 기상재해, 포식자 또는 사람

으로부터 피할 수 있는 장소를 지칭한다. 휴식 및 놀이공간은 새들의 먼지목욕, 깃털 고르기 등의 행동을 관찰할 수 있는 공간이다. 잠자리 커버는 주로 야간에 요구되며, 소형 동물의 경우 접근하는 천적을 쉽게 알아내기 위해 여러 개체가 함께 군락을 형성하고, 포식자의 경우 반대의 행동을 보인다. 월동처는 기온이나 먹이자원의 변동에 대해 대처하기 위한 공간이다. 즉, 겨울철에는 기온이 떨어지고 먹이자원이 부족해짐에 따라 야생 동·식물은 장소를 이동하거나 동면 또는 보호외피를 통해 생존한다. 번식공간은 보금자리 구성, 새끼를 위한 보호 및 은폐 식생으로 구성된다.

대부분의 야생 동·식물은 앞서 살펴본 먹이 및 물과 함께 충분한 커버자원이 확보되어야 생존할 수 있다. 은신 및 피난, 휴식, 잠자리, 둥지 및 굴 만들기, 겨울잠 등 다양한 생활요건을 충족시켜야 야생 동·식물은 서식할 수 있다. 더 나아가, 생활형에 따른 커버자원의 요구사항과 함께 야생 동·식물의 성장단계 및 지역별 특성에 따라 필요로 하는 커버자원도 바뀔 수 있다. 위와 같이 지역이나 성장단계, 그리고 생활형별로 요구되는 커버자원을 확보하는 것은 야생 동·식물의 서식밀도를 좌우하는 요소이다(유병호·원창만, 1999).

4) 공간

야생 동·식물 특히 야생동물의 경우, 먹이자원과 물, 그리고 커버자원을 확보하기 위해 일정규모 이상의 서식공간이 필요하다. 일정 규모이상의 서식공간을 설정하기 위해서는 서식자원 요구량을 파악하고 단위 지역에서 제공되는 서식자원이 지탱할 수 있는 야생 동·식물의 개체수를 파악할 수 있어야 한다. 특히 일정규모 이상의 야생 동·식물 개체수를 유지하기 위한 서식공간을 확보함으로써 다양한 형태의 교배를 통해 외부교란에 대한 강한 개체군을 유지할 수 있게 된다. 우리나라를 포함하여 세계적으로 문제되고 있는 서식공간 단절에 따른 전이개체군의 발생 및 개체수 감소는 근친교배를 야기하고, 이에 따라 나타나는 열성 유전인자는 외부의 교란(예, 자연재해 및 인간의 간섭)에 대한 대응능력을 떨어뜨린다.



<그림 2-2> 경관생태 원리에 따른 서식공간 평가 (Diamond, 1975)

서식공간의 설정에 있어 공간 요구사항은 경관생태학적 관점에서 중요하게 취급된다(홍선기 외, 2004). 동일한 크기의 서식자원이 제공된다 할지라도 서식공간의 위치 및 공간적 배치에 따라 야생 동·식물이 느끼는 서식환경은 차이가 난다. 야생 동·식물은 크게 내부종(interior spp.)과 경계종(edge spp.)으로 구분할 수 있으며, 딱따구리와 같이 수동이 발달되어 있는 고목의 산림지 내부에 서식하고 주변부를 거의 이용하지 않는 생물종을 내부종이라 부른다. 한편, 수달과 같이 물고기를 잡기 위해 수면을 이용하고, 잠자리 및 번식을 위해서 수변부의 굴이나 관목군락을 선호하는 등 두

가지 이상의 서식공간을 주기적으로 이동하는 생물종을 경계종이라 지칭한다. 최근 들어 서식공간의 절대적 규모가 감소됨에 따라 내부 서식공간이 줄어들고 이에 따라 많은 내부종은 멸종 위기에 처해 있다.

5) 인위적인 교란

우리나라에서 인위적인 교란이 없는 자연적인 상태의 서식공간을 발견하기는 어려운 상황이며, 앞으로 인간의 간섭이 줄어들 가능성도 거의 없다. 지난 수십년 동안 우리나라의 자연생태계는 크게 훼손되었으며, 이에 따라 동·식물의 생물종 조성이나 공간적 분포는 인위적인 간섭에 의해 변화된 상태이다. 우리나라와 같이 도로건설이나 개발사업에 의한 인위적인 교란이 심한 경우, 야생 동·식물의 서식공간 구성 인자를 살펴보면 있어 인간활동이나 교란행위는 반드시 고려되어야 한다. 즉, 도로 주변부의 죽어 있는 동물의 사체를 먹이로 사용하는 독수리, 시가화 인접지역에서 점차 증가하고 있는 까치, 들고양이나 들개와 같은 유기 동·식물의 증가, 그리고 나뭇가지보다는 전주 또는 건물 기둥과 같은 인공구조물을 선호하는 집비둘기 등은 인간의 교란이 야생 동·식물의 서식공간 설정에 있어 중요한 인자로써 작용함을 보여주는 사례이다.

인위적인 교란의 또 다른 예로는 방화 및 방목, 엘리노 및 라니냐와 같은 기상재해를 들 수 있다. 인구증가 및 각종 산업활동으로 인해 지구온난화가 가속화되며 이에 따라 남태평양의 해류순환이 왜곡되면서 발생하는 엘리노 및 라니냐에 의해 홍수 또는 가뭄이 발생되거나 화재가 발생하는 등 야생 동·식물의 생존을 위협하고 있다. 최근 들어, 방화를 억제하고 방목이 심화됨에 따라 초지의 절대량이 줄어들고 사막화가 확산되면서 건조지역의 야생 동·식물 서식환경이 변화되고 있다. 일반적으로 기온과 강우량(상대습도)으로 나타내는 기후특성은 위도 및 해안선으로부터의 거리에 따라 달라지는데, 이는 야생 동·식물의 군집조성이나 공간적 분포를 규정하는 가장 기본적인 고려요인이다.

3. 바이오툼지도와 서식적합성지도

가. 지리정보를 활용한 생물서식공간 평가

1) 개요

야생 동·식물의 서식공간 평가를 위한 현장조사 실시 전, 지리정보시스템을 이용하여 조사지점을 확인하며, 조사지점에 대한 위성영상을 통해 주변지역의 상황을 파악함으로써 조사 및 평가의 효율성을 높일 수 있다. 야외조사 후 조사된 자료를 입력하고 정리하는데 있어서도 지리정보시스템은 조사자의 오류나 조사지역의 특징을 살펴보는 데 유용하게 활용된다. 또한, 입력된 조사결과를 토대로 야생 동·식물의 공간적 분포를 도면화함으로써, 정책결정자 및 토지관리자에게 현재의 생물 서식밀도를 알려주며, 토지와 관련된 정책이나 관리방안의 실행에 따른 생물 서식공간의 변화를 측정하는데 활용될 수 있다.

2) 국내사례

우리나라의 경우, 2000년부터 환경부에 의해 제2차 「전국자연환경조사」(1997~2003)에 대한 조사결과를 전산화하고 있다. 야생 동·식물 분포도, 식생보전등급도, 별도관리지역 등을 포함하여 우리나라의 자연생태계를 평가한 '생태·자연도'를 제작하고 있으며, 사전환경성검토, 환경영향평가, 생태통로의 선정 등 주요 환경정책 수립을 위한 기초자료로 활용할 계획이다. 1986년부터 1990년까지 실시된 제1차 「자연생태계 전국조사」를 토대로 환경부에서는 '정밀녹지자연도'와 '현존식생도'를 제작하였다. 한편, 산림청에서는 임상, 영급, 경급, 밀도 등을 포함하는 '수치임상도'를 공급하고 있으며, 농업진흥청에서는 '토양도'를 제작·배포하고 있다. 한국지질자원연구원에서는 '수치지질도'를 제작하는 등 우리나라 자연환경을 보호하기 위한 각종 지리정보가 구축되어 자연자원의 관리 및 보전방안을 수립하는데 사용된다. 따라

서 내년 초에 제작될 ‘생태·자연도’의 동·식물분포도와 각종 자연자원에 관련된 지리정보를 활용하면, 야생 동·식물의 서식공간을 유형화하거나 적합한 서식공간을 추출하는데 효과적인 수단이 될 것이다.

경관생태학자를 중심으로 야생 동·식물종의 서식환경에 대한 지리정보 활용기법이나 방안에 대한 연구가 활발히 진행되고 있으며, 연구 결과를 도면화함으로써 자연자원을 관리하는 정책결정자 및 토지관리자 등에게 도움을 주고 있다. 공간의 이질성을 파악하기 위해 가능한 높은 해상도의 자료를 저장·처리해야 하는데, 최근 들어 급속하게 발전한 컴퓨터 기술은 경관생태학이 자연생태계의 현상을 파악하는데 큰 기여하고 있다. 더욱이 지구관측시스템(Global Positioning System, GPS)이 보편화됨에 따라 상세한 위치자료를 실시간으로 획득할 수 있게 되었으며, 고해상도 위성영상의 상용화에 의해 주기적으로 자연현상을 관측할 수 있게 되었다. 이에 따라, 우리나라를 포함한 세계 각국은 지리정보를 활용하여 야생 동·식물의 서식공간 등 자연생태계를 평가할 수 있는 다양한 체계의 개발을 추진하고 있다.

3) 외국사례

미국 등 선진국에서 사용하고 있는 지리정보를 활용한 야생 동·식물 서식모형 설정방안을 살펴보는 것은 점차 증가되고 있는 우리나라의 생물 서식모형 설정에 있어 필요하다. 미국에서는 생물종의 다양성 보존을 위한 토지이용 계획 및 관리를 위해 GAP(Gap Analysis Program, Geographic Approach to Planning)프로젝트를 추진하여, 미국 전역에 대한 주요 야생 동·식물의 분포도, 식생군락, 토지피복/토지이용, 생물다양성 보전 및 평가 등 자연환경에 관련된 정보를 생산하고 있다. 특히, 원격탐사 기술의 발달과 컴퓨터 저장 및 처리능력의 발달에 따른 지리정보시스템의 급격한 발달은 GAP 프로젝트를 도입하는데 큰 공헌을 하였다.

미국 지질조사국(U.S. Geological Survey)의 예산 지원으로 각 주정부에서는 GAP 프로젝트를 추진하기 위한 별도의 조직을 갖추었다. 장기간동안 진행된 이 프로젝트에서는 위성영상 구입 및 분석, 화석에 대한 연구 등을 통해 현재 뿐만 아니라 과거의

생물분포에 대해 파악함으로써, 해당지역의 원형생태계를 파악하고자 했다. 즉 오랫동안 토착 생물종이 서식하고 있는 지역과 야생 동·식물을 포함한 자연생태계의 건강성을 유지하기 위해 정부기관으로부터 보호·관리되고 있는 지역간 차이를 밝혀내었다. GAP 프로젝트에 의해 사용된 서식모형은 비교적 공간적 규모가 큰 주 단위에서 높은 정확성을 보여주고 있다. 이에 해양대기청(U.S. National Oceanic and Atmospheric Administration, NOAA), 환경청(U.S. Environmental Protection Agency, EPA), 어류및야생동물청(U.S. Fish and Wildlife Service, FWS) 등 정부기관 및 지방자치단체는 야생 동·식물 보호구역을 설정하는데 있어 GAP 프로젝트의 결과를 활용하고 있다.

GAP 프로젝트에 의해 생산되는 결과물은 크게 5가지로 구분할 수 있는데, 1) 토지 피복지도, 2) 서식변수, 그리고 대상지역의 특성에 따른 생물종의 선정 및 선정된 생물종의 서식공간지도, 3) 장기적으로 생물다양성을 확보하기 위한 식생군락 및 동물종에 대한 자료취합, 4) 일반인 또는 관련 전문가에게 GAP 프로젝트에 의한 결과의 제공, 그리고 5) 과제를 추진하면서 형성되는 기관간의 협력체제로 이루어진다.

GAP 프로젝트와 함께 어류및야생동물청에서 지난 1970년대 중반 이후 미국 전역에 대해 주요 생물종을 선정하여 서식적합도 모형을 설정하고 있다. 개발사업이 수행됨에 따른 환경영향평가 특히 생태계 영향평가를 측정하는 기존의 여러 가지 방법이 서로 다른 결과를 나타내거나 현지 조사자료를 이용하는데 한계를 보이는 경우가 많았다. 이에 미국 의회에서는 1970년대 후반 미국 어류및야생동물청의 주관 아래 미육군 공병대의 지원으로 160여종의 어류 및 척추동물에 대한 서식적합성모형을 개발하도록 하였다. 서식적합성모형은 지리정보 DB와 통합하여 경관생태학 기반의 모형으로 확장되고 있다.

캐나다의 British Columbia주에서는 지형, 기후, 토양, 식생, 산림 등 물리적 환경요소를 이용하여 지역생태계의 위계 및 구역을 구분하여 지도화하였는데, 이를 '육상생태지도'라 부른다. 생태계 규모(1/5,000), 생물기후학적 규모(1/50,000~1/250,000), 그리고 지구규모(1/100,000~1/7,000,000) 등 3가지 축척별로 '육상생태지도'를 제작하였다. 야생 동물의 서식분포를 표현함에 따라, 지역내 야생 동물의 공간적 분포를 축척

별로 파악할 수 있다(장은미, 2001).

영국은 육상 생태계의 구조와 기능변화를 식별하기 위해 생태계 구성요소 및 생물종 특징을 포함하는 환경정보 DB를 구축하였다. 토지피복, 경관, 식생, 토양, 수질, 담수성 생물 및 야생 동물에 대해 래스터 방식에 따라 개별 단위(1km×1km의 크기)별로 구축된 자료는 야생동물 및 생물종 관리에 활용되고 있다(장은미, 2001). 또한, 2004년 현재 생물종 다양성을 증진하기 위해 45개의 우선관리대상(예, 해안사구) 및 28개의 광역관리대상(예, 도시지역)을 선정하여 서식공간행동계획을 수립하였으며, 391종의 야생 동·식물(예, 종달새, 바다거북 등)을 보호하기 위해 생물종행동계획, 그리고 지역특성에 따른 생물종 및 서식공간 보호를 위해 162곳의 지역행동계획을 수립·운영하고 있다.

한편 독일에서는 연방자연환경보전법에 의거하여 생물 서식처로서 잠재성을 지닌 대상지의 분포와 유형을 32개의 비오톱 유형으로 구분하여 보전·관리하고 있다. 비오톱은 하나의 단위체로서 보호되거나 창조되는 것으로 생물다양성 확보에 공헌하고 있는데, 야생 동·식물의 서식변수에 대한 조사가 선행되어야 한다. 효과적인 생물서식공간을 조성하기 위해서는 비오톱의 유형 및 비오톱 네트워크를 형성해야 하는데, 이때 대상지의 핵심 생물종에 대한 정보와 서식조건 등에 대한 선행조사가 필요하다. 우리나라에서 널리 활용되고 있는 비오톱 지도를 좀 더 자세히 살펴보고, 생물군락의 서식공간을 유형화한 비오톱 지도를 제작하는데 기초자료로 이용되는 생물종별 서식적합성모형의 제작과정을 알아 보고자 한다.

나. 비오톱지도의 제작

비오톱지도는 기본적으로 인간에 의한 간섭이 일정하게 발생된 지역에 대해 생물 다양성을 회복하고 야생 동·식물의 효과적인 관리를 위한 목적으로 독일에서 시작되었다. 따라서 우리나라 및 일본과 같이 인구밀도가 높아 인간의 교란이 심한 지역에서는 매우 유용한 야생 동·식물 및 생물서식지 관리수단으로 활용될 수 있다. 비오톱 지도를 제작한 독일 베를린 및 우리나라의 서울과 성남에서는 비오톱의 보전이

자연환경의 보전을 위한 중요 과제로 부각되고 있으며, 야생 동·식물의 서식공간을 창출하거나 생태네트워크를 구축하는데 있어서도 비오톱을 기초자료로 활용되고 있다(홍선기 외, 2004).

비오톱지도를 제작하기 위해서는 먼저 비오톱의 유형을 구분해야 한다. 이를 위해서 제작하고자 하는 대상 지역의 식생, 기후, 지형·지질 등 비생물학적 요소, 서식지 면적, 주변 서식지와의 연결성, 인위적인 영향, 가장자리 효과(edge effect), 서식지내에서의 생물종간 또는 생물종내 개체간의 상호관계 등을 파악해야 한다. 서울시의 경우, 위와 같은 요소에 대한 생태학적 조사·연구의 부족으로 인해 가용한 자료를 토대로 전문가의 의견을 수렴하여 토지이용, 토양피복, 현존식생을 토대로 총 65개의 비오톱 유형으로 선정하였다(서울특별시, 2001). 또한 2001년부터 지난 3년 동안 비오톱 유형별로 대표지를 선정한 후, 무기환경, 동물, 식물, 기타로 구성된 4개 분야에 대해 생태조사를 실시하였다(송인주, 2004). 도시지역의 특성상 생물종의 조성이나 분포가 토지이용에 의해 크게 영향을 받으므로, 서울시나 성남시와 같은 도시지역에서 비오톱의 유형을 분류하는데 있어 토지이용을 활용하는 것은 중요하다. 다만, 농촌지역이나 산림지역과 같이 인간의 교란과 함께 자연 생태계의 구조와 변화를 파악해야 하는 지역에 대해서는 비오톱의 유형을 구분함에 있어 생물종의 서식조건에 대한 조사 및 연구가 축적되어야 한다.

비오톱지도를 제작하기 위한 정보가 충분하지 않을 경우, 획득 가능한 기초적인 자료를 토대로 비오톱 유형을 분류하고 비오톱 유형별로 표본조사지역을 선정하여 자료를 수집하여 해당 지역의 특성에 맞게 구체화한다. 또한, 비오톱 유형을 대표하는 표본조사지역을 선정하여 생물군집과 서식변수에 대한 조사를 수행한다(서울특별시, 2000). 대상지 전체에 대한 조사보다는 대표성을 갖는 표본지역을 대상으로 반복조사를 실시하는 것이 효과적이다. 표본 조사지에서 획득한 개체군 및 서식변수에 대한 정보를 토대로 초기에 분류한 비오톱 지도를 재검토하여, 새로운 비오톱 유형을 제시하거나 기존의 비오톱 유형을 통합하는 등 좀 더 효과적인 비오톱 지도를 제작할 수 있다.

다. 서식적합성모형 및 서식적합성지도

서식적합성지도(habitat suitability map)에 대해 살펴보기 앞서, 서식공간평가절차(habitat evaluation procedure)와 서식적합성모형(habitat suitability index model)에 대해 알아야 한다. 미국 어류및야생동물청에서 1970년대 중반에 개발사업에 따른 환경영향평가 특히 야생 동·식물에 미치는 영향을 파악하기 위한 전체 공정을 서식공간평가절차라 지칭하고, 서식적합성모형은 전체 공정 가운데 생물종과 서식변수와의 관계를 모형화한 부분을 말한다. 초기 서식적합성모형은 크게 3가지 형태로 표현되었는데, 첫째 기술방식(word model), 둘째 도표방식(graphical), 그리고 셋째 수식방식(mathematical)으로 분류된다(U.S. Fish and Wildlife Service. 1980a, 1980b, 1981)



<그림 2-3> 서식적합성모형의 개발과 서식적합성지도

1980년대 서식적합성모형은 기존의 연구자료 및 전문가 협의를 토대로 개발하였으

나, 자료에 대한 신뢰성을 높이고 점차 증가되는 야생 동·식물 관련 센서스자료 및 현지조사를 반영하기 위해 실증적인 자료를 이용한 다변량 통계분석 방법이 사용되기 시작했다. 특히, 판별분석과 로지스틱 회귀분석에 의해 야생 동·식물의 발견된 지점과 발견되지 않은 지점으로 구분하여, 신뢰성있는 모형을 적용하기 시작하였다. 서식적합성모형의 개발 및 서식적합성지도를 제작하는 과정을 살펴보면 다음과 같다. 먼저, 도로건설이나 개발사업 대상지에 대해 많은 지식을 갖고 있는 지역 전문가들과의 회의 등을 통해 해당 지역을 대표하는 생물종을 선정한다. 선정된 생물종에 대해 기존 문헌을 검토하고 해당 생물종에 대한 전문가 의견을 수렴하며, 야생 동·식물에 대한 센서스 자료를 통해 실증적인 서식적합성지수 모형을 개발한다. 모형 개발은 1) 서식변수의 식별, 2) 서식변수에 대한 적합성 지수의 부여(예, 0.0:부적합, 1.0:적합), 3) 각 서식변수에 대한 적합성 지수를 하나의 서식적합성지수로 통합한다. 우리나라의 경우, 임업연구원(현, 국립산림과학원)에서 1993년부터 4년 동안 꿩, 흰뺨검둥오리, 멧돼지 등 수렵 동물에 대한 서식적합성모형을 개발하였다(유병호, 1999).

서식적합성 모형을 개발할 당시, 모형 개발에 참여한 관련자는 현지 방문을 통해 모형의 적용가능성에 대해 검증하며, 이때 서식변수 사이의 가중치 부여 및 일부 서식변수의 삭제·추가를 통해 모형의 신뢰성을 향상시킨다. 개발된 서식적합성모형은 해당 지역의 공간자료와 함께 서식적합성지도로 표현될 수 있다.

라. 바이오툽지도와 서식적합성지도의 비교

바이오툽지도와 서식적합성지도의 가장 큰 차이점은 도면화하는 생물체의 단위에 있어 차이가 있다. 바이오툽지도는 생물군집에 대한 서식공간을 나타낸 지도로써 주로 도시지역과 같이 인간의 간섭에 의해 2차 천이가 진행되는 지역에 널리 적용되고 있다. 즉, 베를린이나 서울과 같이 도시지역에 대해 바이오툽지도가 제작되고 있다. 바이오툽지도와 달리 서식적합성지도는 개별 생물종에 대한 서식모형을 근간으로 제작하는 지도로써, 미국 연방정부 및 주정부의 야생 동·식물 관련부처에서 널리 활용된다.

바이오툽지도와 서식적합성지도는 널리 활용되고 있음에도 불구하고, 각기 적용에

있어 문제점을 안고 있다. 비오톱지도의 경우, 생물군집의 서식공간을 나타내는데 있어 생물종의 특성보다는 지형이나 인간교란 등 물리적 외부환경에 의해 서식공간을 규정하는 하향식(Top-down) 접근방법을 취하고 있다. 즉, 생물서식공간을 규정하는 가장 광범위한 인자인 기후, 지질로부터 시작하여 지형, 토양, 수계 등을 고려하며, 도로 및 개발단지 등 인간교란을 통해 비오톱을 유형화하고 있다. 이에 따라, 가장 기초적인 정보인 생물체간의 경쟁이나 채이 또는 번식활동 등 생물종의 생태적·생물학적 지식에 대한 고려는 부족한 상황이다. 특히 위치가 거의 고정되어 있는 식물종의 특성으로 인해 식생군락과 식물종간의 관계를 쉽게 파악할 수 있기 때문에, 식생군락의 서식공간을 나타내는 비오톱지도를 통해 식물종에 대한 서식가능성에 대해 체계적으로 식별할 수 있다. 반면, 야생동물의 군집에 대한 비오톱은 동물의 이동성 및 서로 다른 행동반경으로 인해 비오톱에 의한 개별 동물종에 대한 서식가능성을 파악하기 어렵다(서울특별시, 2002).

서식적합성지도는 개별 생물종에 대한 생태학적 지식을 이용하여 서식공간을 등급화한다. 생물종의 생존을 위해 필요한 요구조건으로 크게 먹이자원, 커버자원, 물자원, 그리고 번식자원을 밝혀내고, 이들 생존 요구조건이 지형, 지질, 수질, 유량, 토양, 표고, 식생, 경관, 도로 등 서식변수와 어떤 관계에 있는지를 밝혀냄으로써 해당지역의 서식적합성을 도면화한다. 이와 같은 서식적합성지도를 작성하기 위해서는 생물종의 행동반경이나 번식활동 등에 대한 조사·연구가 이루어져야 한다. 서식적합성지도는 획득가능한 생태적 지식을 통해, 자료가 없는 지역에 대한 서식적합성을 판정하거나 개발사업에 따른 서식적합성의 변동량을 측정하는 등 비오톱지도와는 달리 상향식(Bottom-up) 접근방법을 취하고 있다. 사전환경성평가나 환경영향평가를 실시하거나 또는 생물종 다양성을 증진시키기 위한 보호구역을 설정하고자 할 때, 서식적합성지도를 이용하는데 있어 다음과 같은 문제가 있다. 우선, 대상지역을 구성하고 있는 다양한 생물종에 대해 서식적합성지도를 제작해야 됨에 따라 막대한 규모의 시간과 비용이 소요된다. 또한, 모든 생물종에 대한 서식적합성지도를 제작한 다음 중첩 또는 상호관계를 살펴보는데 있어 어떤 서식적합성지도를 우선시 할 것인지에 대한 결정을 해야 한다.

<표 2-1> 비오톱지도와 서식적합성지도의 비교

구 분	비오톱지도	서식적합성지도
영문명	Biotop Map	Habitat Suitability Map
목 적	생물서식공간으로써 잠재성을 지닌 대상지의 분포와 유형 파악	생물종에 대한 비시장가치의 기술을 통한 서식지 보호 및 복원
평가항목	서식지기능, 가치, 면적, 희귀성	먹이, 커버, 물, 공간요구사항
평가절차	획득가능한 자료를 토대로 전문가 집단의 비오톱(생물군집의 서식공간)유형 판단	문헌자료, 센서스자료, 전문가협의를 의한 실증적 분석
적용 단위	생물군집	개별 생물종
주요 대상지	도시지역	자연지역
적용사례	서울, 성남	산양, 멧돼지, 수달, 산새 등
주요 해외사례	독일, 헝가리 등	미국, 캐나다 등
대상지 규모	1/25,000	1/500~1/25,000
비유개념	Clementian (Clement. 1916)	Gleasonian (Gleason. 1926)

야생 동·식물에 대한 생태적 자료가 축적되지 않은 지역에 대해서는 비오톱지도를 제작하여 생물군집을 보호·관리할 수 있다. 특히, 야생 동·식물에 대한 다양한 생존조건 및 서식변수에 대한 조사·연구를 활용하여 서식적합성지도를 제작함으로써 반달가슴곰, 수달, 산양과 같은 멸종위기종의 보호구역을 설정하거나 비오톱지도를 보완하는데 이용할 수 있다. 비오톱지도의 제작에 있어 비오톱의 유형별 생물군집에 대한 이해를 높이기 위해, 비오톱 유형내에서 발견되는 야생 동·식물의 서식적합성모형을 설정함으로써 비오톱지도의 신뢰성을 향상시킬 수 있다.

제3장 생물서식공간 조사 및 설정현황

1. 야생동·식물 및 서식공간 조사 현황

야생 동·식물의 서식공간을 설정하기 위해서는 먼저 우리나라에 살고 있는 토착 야생 동·식물은 무엇인지, 그리고 어떤 장소에서 언제 발견되는지 알아야 한다. 본 절에서는 우리나라에 서식하는 야생 동·식물 등 생물상 현황을 살펴보고, 야생 동·식물의 생물종 및 서식지에 대한 조사항목, 방법 등 조사실태를 파악한다.

가. 생물상 현황

우리나라는 면적이 비슷한 다른 나라에 비해 다양한 야생 동·식물 서식공간으로 이루어져 있다. 산림·하천·습지·호소·연안·구릉·농지 등 각종 서식공간, 백두대간으로부터 시작하여 서해안의 리아스식 해안으로 연결되는 다양한 지형적 요소, 계절별로 상이한 기후, 그리고 해양과 대륙을 연결하는 입지적 여건으로 인해 다양한 야생 동·식물이 서식하기 적합한 공간을 형성하고 있다. 그럼에도 불구하고, 우리나라에 서식하고 있는 생물상 현황은 비슷한 지리학적 여건을 가진 다른 나라(예, 일본, 영국)의 생물종수에 비교했을 때 적은 상황이다(환경부, 2004c). 이는 체계적이고 통합적인 자료의 부족, 관련 전문가의 부족에 따른 생물종 동정 및 분류의 어려움, 그리고 각종 개발사업에 의한 생물서식공간의 파괴에 따른 것으로 추정할 수 있다.

지금까지 이루어진 조사 및 연구에 따르면, 동물 18,374종 그리고 식물 8,227종이 우리나라에 분포하는 것으로 기록되어 있다(환경부, 2004c). 본 연구대상인 야생동물을 형성하는 척추동물은 1,492종이며, 이 가운데 조류가 419종, 포유류가 104종, 양서류 14종, 파충류가 29종으로 밝혀졌다. 식물의 경우, 관속식물이 3,159종이며, 그 중 양치식물 224종, 나자식물 47종, 단자엽식물 734종, 쌍자엽식물이 2,154종이다(환경부, 2004c). 참고로 지구상의 생물종은 약 1,435,700종이며, 이 가운데 동물종이 1,089,300

중이며 식물종은 346,400종으로 알려졌다(변병설, 2001).

최근 들어 야생 동·식물은 각종 환경오염과 도로건설, 개발사업 등 서식지의 감소 및 파편화에 의해 그 개체수가 급속히 감소하고 있으며, 멸종의 비율이 빨라지고 있다(이상돈 외, 1998). 우리나라의 경우 포유류 16%, 조류 14%, 양서·파충류 12%, 곤충 0.2%가 법정 보호종으로 지정되어 있다(환경부, 2004c).

나. 자연생태계 및 야생동·식물 관련 조사

환경부에서 실시하고 있는 야생 동·식물과 관련된 자연환경 조사는 크게 3가지 유형으로 구분할 수 있다. 먼저 우리나라의 전체적인 자연환경을 파악하기 위한 전국자연환경조사, 둘째 분야별로 야생 동·식물을 비롯한 자연자원의 밀도와 분포를 알아보기 위한 조사, 셋째 생물종을 중심으로 조사 시기 및 장소 등을 기록하는 조사로 이루어진다(환경부, 2004a). 전체적인 자연환경을 파악하기 위한 조사로는 제1차 「자연생태계 전국조사」(1986~1990)와 제2차 「전국자연환경조사」(1997~2003)가 있으며, 서식공간별 조사로는 자연동굴, 해안사구, 무인도서, 내륙습지, 산불지역, 하구역조사 등이 있고, 마지막으로 생물종별 조사로는 「겨울철 조류 동시 센서스」, 「야생동물 실태조사」, 「멸종위기 및 보호 야생동·식물 194종에 대한 전국분포조사」(2001~2004) 등이 있다.

1) 전국자연환경조사²⁾

환경부에서는 우리나라 자연환경에 대한 전국적인 조사를 위해 1986년부터 전국자연환경조사를 실시하고 있다. 자연환경보전법에 따르면 “환경부장관은 관계중앙행정기관의 장과 협조하여 10년마다 전국의 자연환경을 조사하여야 한다”(법 제32조)라고 규정하고 있다. 제1차 「자연생태계 전국조사」(1986~1990)는 전국의 육상생태계,

2) 1998년 개정된 자연환경보전법에 따라 「자연환경 전국기초조사」는 「전국자연환경조사」로 용어가 바뀌었으며, 1986년에 시작한 제1차 전국자연환경조사는 「자연생태계전국조사」라 불린다(환경부, 2004b).

담수생태계 및 해안생태계의 현황을 조사하였으며, 그 결과를 이용하여 녹지자연도 및 현존식생도를 제작하였다. 그러나 전문 조사인력의 부족, 조사 방법의 미비로 인해 국토에 대한 자연환경을 비교·분석하는데 한계를 노출하였다.

제1차 조사의 문제점을 시정·보완하기 위해 시작된 제2차 「전국자연환경조사」(1997~2003)에서는 야생 동·식물의 생태적 특성 및 조사의 효율성을 고려하여 육상과 해안선으로 조사권역을 구분하였으며, 생물종의 분류군별로 조사지침을 작성하였다. 행정구역의 경계보다는 야생 동·식물의 서식밀도 및 공간분포에 영향을 미치는 산, 하천 등의 지형적 요소와 도로망 등의 인문적 조건 등에 따라 육상을 206개 소권역, 해안선을 145개 소권역으로 구분하여 조사하였다. 제2차 「전국자연환경조사」에 의해 2002년까지 획득된 육상권역의 생물종 현황은 전체 935종이고, 이 중 포유류 63종, 조류 127종, 양서류 21종, 파충류 28종, 곤충류 365종, 그리고 식물종 331종으로 나타났다. 한편, 해안선 권역의 생물종 현황은 전체 3,337종이고, 이 가운데 담수어류 223종, 염생식물 213종, 해조류 432종, 담수무척추생물 1,031종, 해안무척추동물 1,438종으로 나타났다.

<표 3-1> 제2차 전국자연환경조사 현황³⁾

구분		계	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
전국자연 환경조사	육지	206	29	30	29	28	39	26	25
	해안선	145	-	30	30	30	33	22	-
소계		351	29	60	59	58	72	48	25

자료: 환경부, 2004a. 「환경백서」.

3) 2004년에는 35개 권역에 대해 보완조사를 실시하고 있다. 전국자연환경조사는 우선조사지와 일반조사지로 구분되며, 우선조사지에 대해서는 권역내 모든 평가소단위에 대해 식생 및 야생 동·식물에 대한 정밀 분포조사가 이루어졌으나, 일반조사지에서는 대표 평가소단위에 대해서만 야생 동·식물에 대한 분포조사가 실시되었다. 식생의 경우, 일반조사지와 우선조사지간의 차이가 없으나, 야생 동·식물은 일반조사지와 우선조사지간 비교·평가가 어려운 상황이다. 이에 따라, 환경부에서는 2004년부터 2006년까지 3년 동안 일반조사지내 대표 평가소단위에 포함되지 않은 평가소단위에 대한 야생 동·식물 보완조사를 실시하고 있다.

조사권역의 선정은 육지 지역을 전체적인 생태지도상에 표시하기 위하여 전국적으로 지역안배가 이루어질 수 있도록 배치하였다. 조사지역의 우선순위를 결정하기 위한 우선조사지 및 일반조사지를 선정하였는데, 기존의 문헌자료 및 전문가들을 통한 청문자료에 의거하여 이루어졌다. 자연환경의 질이 우수한 지역인 우선조사지는 조사지내의 모든 평가소단위에 대해 지형경관, 식물상(특정종), 식생, 포유류, 조류, 양서파충류, 담수어류, 곤충, 담수대형무척추동물을 조사하였으며, 일반조사지는 대표 평가소단위를 선정하여 대표 평가소단위에 대해서만 자연환경에 대해 조사하였다.

<표 3-2> 소권역별 조사구분 (우선, 일반)

구분	우선조사지	일반조사지	비고
육지	99 소권역	107 소권역	경관, 보존시급성, 개발가능성 및 생태적·학술적 가치 기준
해안선	95 소권역	50 소권역	
소계	194 소권역	157 소권역	

자료: 이인수. 2004. KEI 전문가초청세미나 「환경정보의 GIS-DB구축 사례발표」.

2) 야생동물 실태조사

가) 필요성 및 활용

야생동물 자원의 서식실태를 파악하고자 1967년부터 지역별·서식지별로 고정조사구를 설정하고, 주요 수렵 동물과 희귀 또는 멸종위기 야생동물에 대한 서식밀도 및 공간분포 현황을 지속적으로 조사하고 있다⁴⁾. 특히, 경제협력개발기구(Organization for Economic Cooperation and Development, OECD)에 가입한 이후, 우리나라는 OECD에서 요구하는 야생동물 및 서식공간과 관련된 국가통계자료를 작성하기 위해 810개의 고정조사구를 설치하고 405개의 조사구에 대해 격년으로 조사를 실시하고 있다(원창만 외. 2001).

4) 야생동물실태조사는 산림청에 의해 1967년부터 전국에 걸쳐 실시되었으며, 1999년 5월 야생조수 관리업무의 이관에 따라 현재 환경부가 야생동물실태조사를 담당하고 있다. 2002년부터는 야생동물실태조사원의 소속이 도청 산림·환경관련부서에서 지방환경청으로 변경되었다.

미국 등 선진국에서는 야생동물의 실태조사에 따라 획득한 기초 자료를 야생동물 및 서식공간 보호를 위한 각종 계획을 수립하거나 지침을 작성하는데 폭넓게 활용하고 있다(U.S. Fish and Wildlife Service. 1999). 지속적인 야생동물 실태조사를 통해 야생동물 개체군과 서식공간의 추세 변화를 감지하고, 관련 전문가의 의견을 수렴하며 현지조사를 토대로 적절한 관리계획을 수립할 수 있다.

나) 조사구 현황

야생동물의 실태조사구는 행정경계를 고려한 층화집락추출 방식을 사용하여 국가 통계와 함께 지역통계를 작성할 수 있도록 구성하였으며, 조사의 모집단은 전국으로 하되 도시지역 즉 서울특별시와 5개 광역시, 그리고 시 지역은 제외하였다. 즉, 경기도, 강원도, 충청남도, 충청북도, 전라남도, 전라북도, 경상남도, 경상북도, 제주도를 주 계층으로 하고, 다시 산림(산악 및 구릉), 농경지, 소택지, 인가(기타 포함), 해안선 등 생활권별로 분할하여 조사구를 선정하였다. 군 전체가 도서로만 구성된 경기도 옹진군, 경상북도 울릉군, 전라남도 신안군 등은 조사비용이 과다하게 소요됨에 따라 표집대상에서 제외하였다(원주지방환경청. 2002).

<표 3-3> 도별·생활권별 실태조사구 현황

구분	계	산악	구릉	농경	인가	해안·소택
경기	96	20	35	27	11	3
강원	96	55	24	10	4	3
충남	96	9	42	30	6	9
충북	96	41	29	19	6	1
전남	96	19	27	21	5	24
전북	96	33	25	28	6	4
경남	96	33	30	19	4	10
경북	96	40	29	17	7	3
제주	42	6	12	13	8	3
계	810	256	253	184	57	60

자료: 원주지방환경청. 2002. 「야생동물 실태조사 편람」.

다) 조사대상 및 조사방법

OECD에서 요구하는 국가통계를 작성함과 아울러 수렵제도 및 멸종위기에 처한 야생 동·식물의 보호방안을 수립하는데 기초 자료로 활용하기 위해, 2004년 실태조사에서는 12종의 수렵 동물과 10종의 보호 동물, 그리고 멸종위기 동물 등에 대해 조사하고 있다. 수렵 동물로는 꿩, 멧비둘기, 참새, 까치, 어치, 청둥오리, 흰뺨검둥오리, 쇠오리 등 야생 조류와 멧돼지, 고라니, 멧토끼, 청설모 등 야생 포유류를 조사한다. 보호동물로서 직박구리, 딱새, 박새, 쇠딱다구리, 노랑턱멧새, 제비, 피꼬리, 흰배지빠귀 등 조류와 다람쥐, 너구리 등 포유류가 조사 대상에 포함된다.

조사는 일출 30분후부터 시속 2.0km로 연속 6시간동안 조류에 대해 조사하고, 조류 조사후 같은 조사구에서 3-4시간동안 포유동물의 배설물, 발자국 등 흔적을 통해 서식여부를 조사한다. 실태조사구의 상황에 따라 선조사법, 정점조사법, 도로조사법 등을 적절히 선택하는데, 산악·구릉·인가지대는 주로 선조사법에 의해 6km의 조사경로를 따라 이동하며 25미터의 반경내에서 육안으로 관찰되거나 울음소리로 확인된 조류의 종과 개체수를 기록한다. 지형상 6km의 경로가 불가능할 경우, 3km 또는 2km로 나누어 조사를 실시하여, 총 조사경로가 6km가 되도록 한다. 이에 따라 구릉, 산림 및 인가지대의 총 조사면적은 30ha (6km×50m)가 된다. 농경지대 조사구는 50미터 간격으로 노선을 정한 다음, 노선을 따라 관찰된 전 종과 개체수를 기록하며, 해안 및 소택지대 조사구는 해안선 또는 방책을 따라 선조사법에 의해 관찰 폭 500미터, 관찰 길이 1km내에서 관찰된 모든 종과 개체수를 조사한다(원창만 외, 2001).

라) 야생동물 실태조사 사례

야생동물의 실태조사를 담당하고 있는 지방 환경청의 사례를 통해 야생동물에 대한 조사 현황을 살펴보고자 한다. 우리나라에서 「야생동물 실태조사」를 담당하고 있는 조사원은 총 27명이며, 이들은 각기 야생 동물에 대한 지식과 경험에 차이가 있다. 또한, 지방 환경청의 여건에 따라 야생동물 실태조사원이 담당해야 하는 업무 부담도 다르기 때문에, 실태조사구의 배정이나 조사방법에 대한 제도 표준화를 통해

실태조사원 또는 지방환경청에 따른 조사 정확도의 차이를 줄여야 한다.

대구지방환경청에 소속되어 있는 야생동물실태조사원은 총 3명으로 조경학 및 임학을 전공하였으며, 야생 동·식물에 대한 지식과 경험이 풍부한 사람들로 구성되었다. 대구지방환경청의 경우, 96개 실태조사구가 있으며, 2004년에는 그 중 48개 조사구에 대해 매월 조사를 실시하고 있다. 3명의 조사원이 각각 자신의 담당 조사구에 대해 <표 3-4>와 같은 양식에 따라 야생동물에 대해 조사한다.

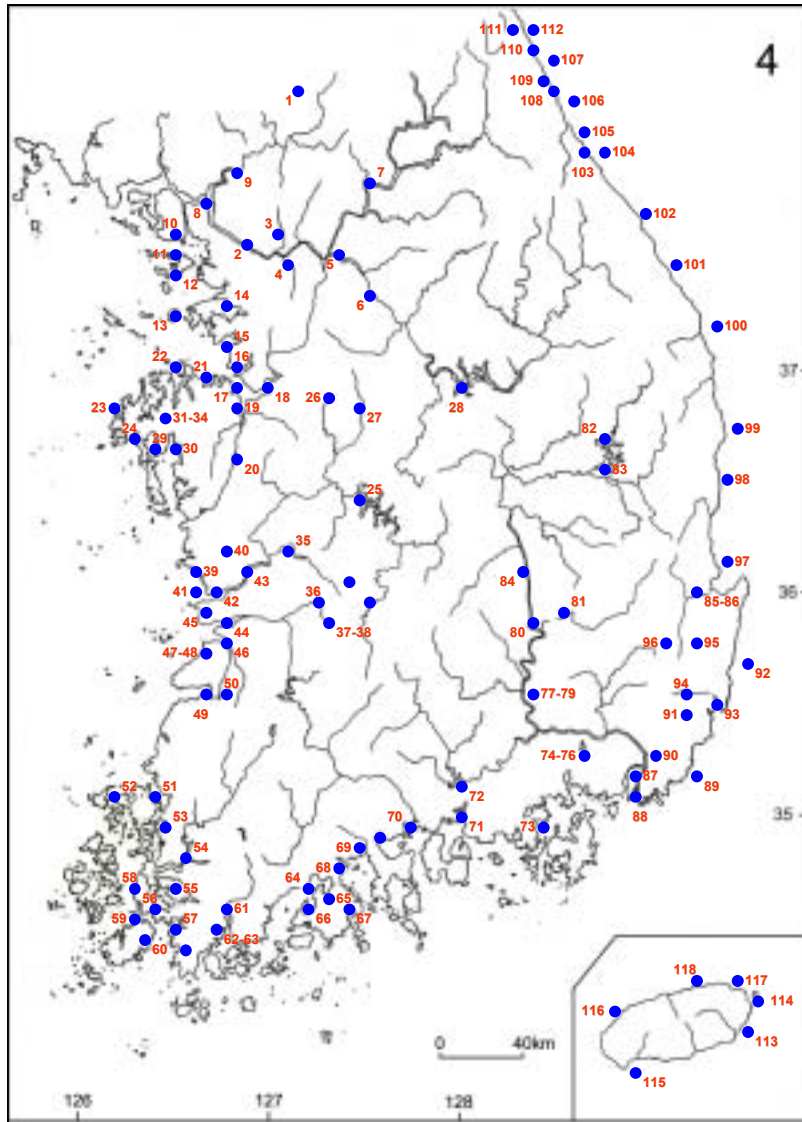
3) 겨울철 조류 동시 센서스

우리나라에 월동을 위하여 10월말에 도래하여 다음해 3월말까지 머무르는 겨울 철새(winter visitor)로는 오리, 기러기, 두루미 등이 있다. 환경부에서는 1996년 겨울철새에 대한 조사를 실시한 바 있으며, 체계적인 조사는 1999년 2월부터 시작되어 매년 조사보고서를 발간하고 있다(환경부·국립환경연구원, 2003). 우리나라에 도래하는 겨울 철새의 전체 종수 및 개체수를 산정하기 위해 ‘겨울철 조류 동시 센서스’가 시작되었다. 본 센서스에서는 매년 1월말 또는 2월초에 100여명의 조사자가 동시에 전일 조사를 실시하며, 조사 지점은 철새 도래 여건 및 전문가 협의를 거쳐 결정된다. 2003-2004년의 경우, 겨울 철새가 많이 도래하는 해안 22지점, 호수 28지점, 저수지 26지점, 만(灣) 13지점, 평야 1지점, 기타 28지점의 118개 지역에서 조사를 실시하였다(환경부·국립환경연구원, 2004).

「겨울철 조류 동시 센서스」는 64개팀이 2인 1조가 되어 차량 또는 보행을 하면서 기록하는 방법과 개시점 및 종료점에서 기록하는 방법을 병행하며, 낙동강 하구와 유부도는 선박을 이용하여 조사한다(김창희, 2003). 조류는 쌍안경 또는 망원경을 이용하여 관찰하고, 개체수가 중복되어 기록되지 않도록 유의한다. 개체수는 분포 상태의 정도에 따라 1개체 단위, 10개체 단위, 100개체 단위로 산정한다. 많은 개체수가 관찰된 지역과 환경부의 멸종위기 및 보호 야생조류가 관찰된 지점에 대해서는 지도상에 표기한다(김창희, 2003).

<표 3-4> 야생동물실태조사표 (대구지방환경청의 예)

야생동물실태조사표									
조사구위치				지대유형					
조 사 일		2004년 월 일		조사자					
구분	No.	수렵동물	개체수	자연환경변화관찰					
조류	1	평		자연환경 변화	매립				
	2	멧비둘기							
	3	참새							
	4	까치			택지개발, 공장입지 조성				
	5	어치							
	6	청둥오리							
	7	흰뺨검둥오리							
	8	쇠오리			주택건설 및 공작물 신·증축				
	소개 (종/개체수)								
수류	1	멧돼지				하천/호소의 준설·구조변경			
	2	고라니							
	3	멧토끼							
	4	청설모							
	소개 (종/개체수)								
구분	No.	지표동물	개체수						
조류	1	직박구리			자연환경 변화	수위/수량의 증감유발행위			
	2	딱새							
	3	박새							
	4	쇠딱다구리		산불, 벌목					
	5	노랑턱멧새							
	6	제비							
	7	찌꼬리							
	8	흰배지빠귀		불법포획					
	소개 (종/개체수)								
	수류	1	다람쥐				동물방사		
		2	너구리						
		소개 (종/개체수)							
		구분	No.	기타종		개체수			
		조류	1					동물상 변화	집단폐사
	2								
	3								
	4					외래종의 유입			
5									
6									
7									
8				주요 동물의 변화					
9									
10									
소개 (종/개체수)				들고양이의 서식					
수류	1				들개의 서식				
	2								
	3								
	4								
	5								
	소개 (종/개체수)			붉은귀거북의 서식					
총계 (종/개체수)									



<그림 3-1> 겨울철 조류 동시센서스 전체 조사지역5)

5) 겨울철조류동시센서스는 새로운 도래지 추가 및 넓은 지역의 세분화 등에 따라 매년 조사지역수가 변동된다. 1999년에 69개 조사지역으로 시작하여 2000년에 100개, 2001년에 114개, 그리고 2002년부터 2004년까지 지금의 118개 지점에 대해 조사하고 있다(환경부·국립환경연구원, 2004).

<표 3-5> 겨울철 조류 동시 센서스 조사대상지 일련번호 및 지역명

번호	지역명	번호	지역명	번호	지역명
1	철원평야	41	유부도	81	금호강
2	행주대교-팔당댐	42	금강하구	82	안동호
3	증랑천	43	금강호	83	임하호
4	탄천	44	만경강	84	구미 해평(도흥리-일선교)
5	팔당호(경안천 포함)	45	옥구저수지	85	형산강(형산교-제1강동교)
6	남한강(양평, 여주)	46	동진강	86	안계저수지
7	북한강(청평댐-화천교)	47	청호저수지	87	낙동강하류
8	한강하구	48	조류지	88	낙동강 하구 A
9	임진강-오두산전망대	49	곰소만		낙동강 하구 B
10	강화도	50	동림저수지	89	부산-울산 해안
11	영종도(운북동)	51	무안 현경면, 운남면	90	오류대(회동)저수지
12	영종도(운남동, 삼목동)	52	무안 해제면, 신안 지도읍	91	회야호
13	대부도	53	무안저수지	92	울산-구룡포 해안
14	시화호	54	영산호	93	울산만
15	남양만(장안면, 우정면)	55	영암호	94	태화강(삼호교-수중보)
16	남양호	56	금호호	95	덕동호
17	아산만	57	고천암호	96	보문호
18	아산호	58	랑초(개초)저수지	97	포항-영덕 해안
19	삼교호	59	군내간척지	98	영덕-평해 해안
20	예당저수지	60	둔전저수지	99	평해-울진 해안
21	석문간척지	61	강진만	100	울진-원덕 해안
22	대호	62	사내간척지	101	원덕-삼척 해안
23	태안군 근흥면 해안	63	만덕간척지	102	삼척-강릉 해안
24	태안군 남면해안	64	보성만-득량만	103	경포호
25	대청호	65	점암저수지	104	강릉-주문진 해안
26	백곡지	66	당두리 간척지	105	주문진-양양 해안
27	초평지	67	포두면 간척지, 해창만	106	양양-속초 해안
28	충주호	68	여자만	107	속초-간성 해안
29	간월호	69	순천만	108	청초호
30	부남호	70	광양 갈사만	109	영랑호
31	장흥저수지	71	사천만	110	송지호
32	성암저수지	72	진양호	111	화진포
33	강수저수지	73	고성 거류면, 동해면(당동만)	112	간성-대진 해안
34	풍전저수지	74	주남저수지	113	성산-남원
35	탑정(논산)저수지	75	산남저수지	114	성산
36	경천저수지	76	동판저수지	115	서귀-안덕
37	대아저수지	77	우포저수지	116	제주사-대정
38	동상저수지	78	목포	117	하도리
39	장항 해안	79	사지포	118	함덕-하도
40	봉선저수지	80	화원(도흥리-부리)		

다. 조사자료의 전산화 현황

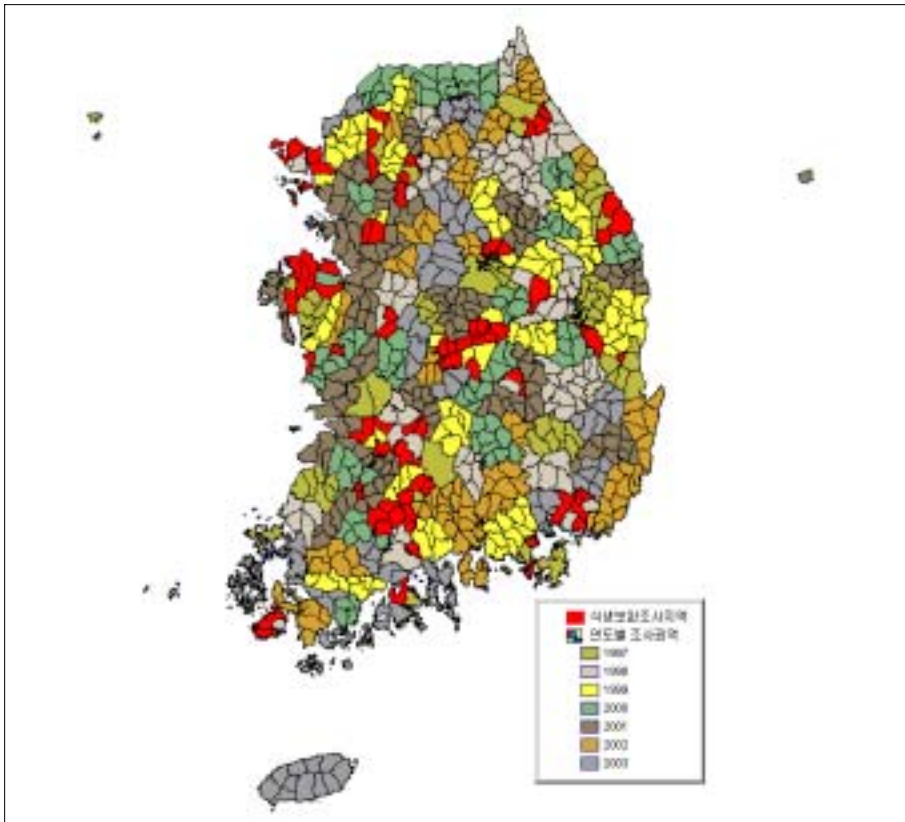
앞서 살펴본 야생 동·식물의 서식밀도 및 분포에 대한 대표적인 조사로는 「전국 자연환경조사」, 「야생동물 실태조사」, 그리고 「겨울철 조류 동시 센서스」 등이 있다. 최근 경관생태학에 의한 야생 동·식물의 개체군 및 서식지를 관리하기 위한 방안이 제시되면서, 우리나라의 동·식물현황에 대한 전산화 필요성이 높아지고 있다. 이에 따라, 환경부에서는 자연환경보전법 제34조에 의거하여 「전국자연환경조사」를 비롯한 각종 자연환경조사자료를 취합하고 이를 공간자료로 변환하여 자연환경현황도(생태·자연도)⁶⁾를 제작하였다.

‘생태·자연도’란 자연생태계의 구조와 기능을 체계적으로 이해하는데 필요한 자연경관, 야생 동·식물의 분포 현황 및 토지이용 현황에 대한 정보를 지도상에 종합적으로 표현한 것으로 자연환경을 생태적 가치, 자연성, 경관적 가치 등에 따라 등급화하여 작성된 주제도이다(환경부, 2001). 이에 따라 ‘생태·자연도’는 식생, 야생 동·식물, 습지 및 자연경관을 평가항목으로 설정하였으며, 1/25,000의 지형도를 기반으로 래스터 및 벡터형식으로 도면화하고 있다. 평가항목 가운데, 야생 동·식물의 서식환경에 대한 평가는 「전국자연환경조사」, 「겨울철 조류 동시 센서스」, 「야생동물 실태조사」, 「멸종위기 야생동·식물 전국분포조사」 등을 활용한다.

‘생태·자연도’는 식생부문, 생물다양성 및 야생 동·식물, 지형경관, 그리고 별도 관리구역으로 구성된다. 식생부문은 식생보전등급을 이용하여 평가하며, 식생보전등급에 대한 자료가 없는 지역에 대해서는 임상도, 녹지자연도 등을 이용한다. 야생 동·식물 분포도는 「전국자연환경조사」 결과에 의하여 포유류, 조류, 양서·파충류, 곤충류, 식물 등에 대해 발견지점을 도면화하였으며, 2004년부터는 「겨울철 조류

6) 자연환경보전법에 명시된 법적용어는 ‘생태·자연도’이지만, 현재 환경부에서 공급되는 도면에는 자연환경보전법에 따른 ‘생태자연도작성지침’에서 규정하고 있는 습지 생물다양성, 야생동·식물 서식지, 지형경관이 포함되지 않은 식생 및 산림지역 생물다양성을 평가항목으로 제작한 법적 구속력이 없는 도면이다. 자연환경보전법에서 요구하는 생태적·경관적 가치 및 자연성을 충족한 ‘생태·자연도’는 2005년 2월에 제작완료할 예정이다. 현재 환경부에서 제공하는 도면은 법적 구속력이 없는 도면으로써 ‘자연환경현황도’라 지칭하고 있다.

동시 센서스」 자료를 포함하기 위해 전산화 작업을 추진중에 있다. 한편, '생태·자연도'를 작성할 때 다른 법률의 규정에 의하여 보전되는 지역 가운데 역사적·문화적·경관적 가치가 있는 지역이거나 도시의 녹지보전 등을 위해 필요한 지역에 대해서는 별도관리구역으로 지정한다. 별도관리구역으로는 자연공원법에 의한 '자연공원'(국립공원, 군립공원, 도립공원), 조수보호및수렵에관한법률에 의한 '조수보호구', 산림법에 의한 '산림유전자원보호림', 문화재보호법에 의한 '천연기념물보호구역', 국토의계획및이용에관한법률에 의한 '수산자원보전지구'가 있다.



<그림 3-2> 전국자연환경조사 연도별 조사현황도7)

7) 자연환경종합 GIS-DB구축사업에 따라 제2차 전국자연환경조사(1997-2003) 자료를 공간정보로 변환하였다(이인수. 2004).

앞서 살펴본 바와 같이 「겨울철 조류 동시 센서스」는 1999년부터 조사된 자료에 대해 조사지 코드, 조사자, 조사된 종 및 개체수 등에 대해 전산화 작업을 진행하고 있으며, 특히 ‘생태·자연도’에 활용하기 위해 조사지역에 대한 경계를 지리정보시스템에 입력하고 있다. 그러나 조사지점이나 조사빈도, 그리고 조사방법이 명확하게 설정되지 않은 상태이기 때문에 횡적, 종적으로 개체수 변동을 비교하는데 있어 어려움이 있다. 「야생동물 실태조사」의 810개 고정조사구에 대한 위치 정보는 1/25,000 지형도를 기반으로 작성되었으나, 지리정보시스템으로의 변환은 이루어지지 않은 상태이다(원주지방환경청, 2002). 다만, 야생동물에 대한 서식밀도 조사결과를 전산과 일로 구축함에 따라, 향후 실태조사구에 대한 위치정보가 구축되면 서식밀도 조사 결과와 연계함으로써 지역특성에 따른 서식밀도 및 개체수 변동을 지도위에 손쉽게 표현할 수 있다.

2. 국내 서식공간 설정 현황

가. 야생동·식물 서식공간 관련 제도

우리나라의 자연환경을 보전하기 위한 법률로는 자연환경보전법, 야생동·식물보호법(조수보호및수렵에관한법률), 국토의계획및이용에관한법률, 습지보전법, 자연공원법, 산림법, 산지관리법, 문화재보호법 등이 있으며, 국제협약이나 기구에 의한 야생 동·식물 및 서식공간 보호 수단으로는 람사협약, 생물다양성협약, 유네스코 생물권보전지역, 이동성 물새 보호위원회에 의한 두루미, 수금류 등 철새 네트워크 등이 있다. 이 가운데 야생 동·식물의 서식공간을 보호하기 위해 보호구역을 지정하거나 평가하는 법률로는 자연환경보전법, 야생동·식물보호법(조수보호및수렵에관한법률), 문화재보호법 및 산림법이 있다. 또한 국제협약에 의한 보호구역이나 철새 네트워크의 지정은 람사협약, 유네스코 지정 생물권보전지역, 그리고 아시아·태평양 이동성 물새 보호위원회에 의한 두루미, 도요·물떼새, 오리·기러기 네트워크가 있다.

<표 3-6> 야생동·식물 서식공간 관련 제도

보호구역 명칭	근거 법률	관련부처	비 고
생태계보전지역	자연환경보전법	환경부	
야생동·식물특별보호구역	야생동·식물보호법		
시도야생동·식물보호구역			
야생동·식물보호구역 ¹⁾			
천연기념물보호구역	문화재보호법	문화재청	
산림유전자원보호림	산림법	산림청	천연보호림

주: 1) 조수보호및수렵제한법률에 의해 지정된 '조수보호구'는 야생동·식물보호법에 의해 야생동·식물보호구역으로 지정된 것으로 본다.

1) 자연환경보전법

자연환경보전법은 자연환경을 인위적 훼손으로부터 보호하고, 다양한 생태계와 수려한 자연경관을 보전하는 등⁸⁾ 자연환경을 체계적으로 보전·관리하기 위한 목적으로 제정되었다. 자연환경에 대해 폭넓은 보전 및 보호규정을 담고 있는 자연환경보전법은 자연환경보전기본원칙에서 '멸종위기에 처해 있거나 생태적으로 중요한 생물종은 보호되어야 하고, 생물다양성·생물자원 및 생태계는 보전되어야 한다'고 명시하고 있다.

8) 2004년 2월 9일 야생동·식물보호법이 제정·공포됨에 따라 자연환경보전법에서 명시하고 있던 야생동·식물 보호와 관련된 규정을 정비하고자 2004년 4월 13일 자연환경보전법개정법률안을 입법예고하였으며 2004년 11월 현재 국회 본회의에 상정되었다. 기존의 자연환경보전법 제1조(목적)에서 규정하고 있던 '야생동·식물의 멸종을 방지'하기 위한 부분은 개정법률안에는 포함되지 않고 있으며, 생물다양성이 풍부한 지역 및 수려한 자연경관 등에 대해 가칭 '생태·경관보전지역'으로 지정할 수 있도록 규정하였다. 한편, 기존의 '임시생태계보전지역' 제도는 폐지하였다. '생태·경관보전지역'의 지정 및 변경에 있어 지형도를 사용토록 법률안에 명시하였고 지역주민이나 이해관계인의 의견을 수렴하기 위한 과정을 명확히 기술하였다.

입법에고된 자연환경보전법 개정법률에 따르면, 종전의 생태계보전지역 지정제도는 생태계보전에 치중하여 강변, 산간계곡 등 자연경관이 수려한 지역이 관리되지 못하는 문제점이 있어 '생태·경관보전지역'으로 확대 개편하였다. 또한 생태·경관보전지역을 보전상태 및 보전가치 등을 기준으로 핵심·완충·전이구역으로 구분하여 지정하고, 건축물의 신축·증축에 대한 제한을 달리하는 등 구역별로 행위제한을 차등화한다. '생태계변화관찰 대상지역'은 야생 동·식물의 주요 서식공간 및 생태적으로 중요한 지역에 대한 생태계의 변화내용을 정기적·주기적으로 관찰함으로써, 생태계 훼손을 사전에 방지하고 효율적인 보전대책을 마련하기 위해 매년 조사를 실시하고 있다(환경부, 2001b). 환경부에서 지정한 생태계 변화관찰지역은 각 지방환경청 및 국립공원관리공단에 소속되어 있는 조사원에 의해 실시되며, 토지이용 실태와 동·식물의 변화상태 등 생태계 전반에 대해 실시한다. 조사 결과는 1/25,000 지형도에 실선으로 표시하며, 조사사항은 일반사항, 형상변경, 동·식물상의 변화, 및 종합 의견으로 구성한다(<표 3-7> 참조).

자연환경보전법에 의하면 '멸종위기 야생 동·식물의 보호를 위하여 필요한 지역'에 대해 토지의 소유자·점유자 또는 관리인과 '생물다양성관리계약'을 체결하여 경작방식의 변경, 화학물질의 사용감소, 습지의 조성 등을 실시하도록 권고할 수 있다. 또한 '멸종위기 야생 동·식물의 주된 서식지 또는 도래지로서 파괴·훼손 또는 단편화 등으로 종의 존속이 위협을 받고 있는 경우'에 '훼손지의 생태복원'을 실시할 수 있으며, 특히 각종 사업을 시행하거나 허가함에 있어 야생 동·식물의 이동 및 생태적 연속성이 단절되지 않도록 '생태통로'를 설치토록 규정하고 있다.

<표 3-7> 생태계 변화관찰 기록표

생태계 변화관찰 기록표						
A. 일반 사항	① 관찰자	소속			성명	
	② 관찰지역명		③ 관찰일시	년 월 일~	년 월 일	
구분		진행상황	내용		조치할 내용	
B. 형상 변경	① 매립	완료				
		진행중				
		계획중				
	② 택지개발, 공장입지 조성, 골재채취	완료				
		진행중				
		계획중				
	③ 주택건설, 공작물 신·증축	완료				
		진행중				
		계획중				
	④ 하천·호소 준설 및 구조변경	완료				
		진행중				
		계획중				
	⑤ 수위·수량의 증감 유발행위	완료				
		진행중				
		계획중				
	⑥ 산불, 벌목 기타	완료				
		진행중				
		계획중				
C. 동식물 상의 변화	① 불법 포획, 기타	목격				
		제보				
	② 동물 방사	목격				
		제보				
	③ 농약, 질병, 산불로 인한 집단폐사	목격				
		제보				
	④ 외래종 유입	목격				
		제보				
	⑤ 주요 동식물의 변화	목격				
		제보				
	⑥ 기타	목격				
		제보				
D. 종합 의견						

자료: 환경부. 2001b. 「생태계 변화관찰 지침 및 지역별 현황」

전국의 자연환경을 10년마다 조사하고, 이를 기초로 '생태·자연도'를 작성함으로써 각종 개발계획의 수립이나 시행에 있어 사향노루, 크낙새 등 야생 동물의 서식공간 및 야생식물의 생육지를 보호하는데 활용한다. '생태·자연도'는 식생, 야생 동·식물의 서식지, 습지 등 생물다양성 및 지형 경관을 기준으로 3 가지 등급과 별도관리 지역으로 구분한다. 특히, '멸종위기 및 보호 야생 동·식물의 주된 서식지·도래지 및 생태축 또는 생태통로가 되는 지역'에 대해서는 생태·자연도 1등급 권역으로 구분한다. '생태·자연도'를 작성하는데 있어 「전국자연환경조사」, 「겨울철 조류 동시 센서스」, 「야생동물 실태조사」 등 야생 동·식물의 현황을 파악할 수 있는 자료가 사용된다.

2) 야생동·식물보호법 (조수보호및수렵에관한법률)

야생동·식물보호법은 야생 동·식물과 그 서식환경을 체계적으로 보호·관리함으로써 야생 동·식물의 멸종을 예방하고, 생물의 다양성을 증진시켜 생태계의 균형을 유지함과 아울러 사람과 야생 동·식물이 공존하는 건전한 자연환경을 확보함을 목적으로 한다. 자연환경보전법 및 조수보호및수렵에관한법률 등에 분산·중복되어 있던 야생 동·식물과 관련된 규정을 통합하고 있는 야생동·식물보호법은 야생 동·식물 보호에 관한 규정을 포괄하고 있다.

환경부장관은 야생 동·식물의 보호와 그 서식환경의 보전을 위하여 5년마다 '야생 동·식물보호기본계획'을 수립하고, 시·도지사는 기본계획에 따라 그 세부계획을 수립토록 규정하고 있다 (제5조). 동법에 의해 생물 서식지를 보호·관리하기 위해 지정할 수 있는 보호구역으로는 '야생동·식물특별보호구역', '시·도야생동·식물보호구역', '야생동·식물보호구역'이 있다. 멸종위기야생동·식물 또는 야생동·식물의 보호 및 번식을 위하여 특별히 보전할 필요가 있는 지역에 대하여 환경부장관에 의해 지정되는 '야생동·식물특별보호구역'(제27조)과 시·도지사에 의해 지정되는 '시·도야생동·식물보호구역'(제33조), 그리고 시장·군수·구청장에 의해 지정되는 '야

생동·식물보호구역’(제33조)이 있다. 종전의 조수보호및수렵에관한법률의 규정에 의하여 설정된 ‘조수보호구’는 ‘야생동·식물보호구역’으로 지정·고시된 것으로 간주한다(부칙제16조). 환경부장관 또는 지방자치단체의 장은 야생동물의 보호와 국민의 건전한 수렵활동을 위하여 일정한 지역에 수렵장을 설정할 수 있다 (제42조).

조수보호및수렵에관한법률에 의해 지정되는 ‘조수보호구’는 산림조수서식보호구, 대규모서식보호구, 집단도래보호구, 유치지구보호구, 집단번식보호구, 특정조수서식보호구, 애호지구보호구로 구분된다. 시·도지사는 다음 <표 3-8>과 같은 설정 기준에 따라서 ‘조수보호구’를 지정한다.

<표 3-8> 조수보호구 설정 기준

조수보호구	설정기준
산림조수서식	임야면적 20,000ha당 300ha이상 크기의 지역으로 가급적 국·공유림 및 자연공원 지역
대규모서식	여러 종류의 조수가 대규모로 집단 서식하고 있는 지역
집단도래	간석지, 호수, 습지 등 조류가 집단도래하는 지역
집단번식	섬, 초원 등으로 조류가 번식하는 지역
유치지구	도시주변에 생활환경 개선을 위하여 조수를 유치할 필요가 있는 지역
특정조수서식	멸종위기에 있는 조수를 번식시키는데 필요한 지역
애호지구	야조관찰·탐조 등으로 각급학교 학생들에게 조수보호 애호사상을 고취시키기 위하여 필요한 지역

자료: 유병호, 1999. 「우리나라 야생동물의 보호·관리 실태」

3) 문화재보호법

문화재보호법은 문화재를 보전하여 민족문화를 계승하고, 이를 활용할 수 있도록

함으로써 국민의 문화적 향상을 도모함과 아울러 인류문화의 발전에 기여하기 위하여 제정되었다. 문화재는 인위적·자연적으로 형성된 국가적·민족적·세계적 유산으로서 역사적·예술적·학술적·경관적 가치가 큰 것을 말한다. 문화재는 크게 유형문화재, 무형문화재, 기념물, 민족자료로 구분(제2조)할 수 있으며, 이 중 기념물은 다시 사적지와 시설물, 경승지 그리고 천연기념물로 나눌 수 있다. 천연기념물에는 동물(그 서식지·번식지·도래지 포함)·식물(그 자생지 포함)·광물·동굴·지질·생물학적 생성물 및 특별한 자연현상으로서 역사적·경관적 또는 학술적 가치가 큰 것을 의미한다.

문화재청장이 문화재위원회의 심의를 거쳐 지정한 문화재를 국가지정문화재(제2조)라 하며, 국가지정문화재로 지정되지 아니한 문화재 중 보존가치가 있다고 인정되는 것은 시·도지사에 의해 시·도지정문화재(제55조)로 지정할 수 있다. 또한 현저한 인류보편적 가치를 갖는 문화유산 및 자연유산의 경우, 세계문화 및 자연유산보호에 관한 협약 제11조의 규정에 따라 문화재청장에 의하여 세계유산으로 국제연합교육과학문화기구(United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization, UNESCO) 세계유산위원회에 등록 신청할 수 있다(제78조의2).

문화재청장은 문화재 보호를 위하여 특별히 필요한 경우에는 이를 위한 보호물 또는 보호구역을 지정할 수 있다(제8조). 국가지정문화재 중 야생 동·식물과 관련된 명승과 천연기념물의 지정기준 및 그 보호구역의 지정기준은 <표 3-8>과 같다. 명승에서는 조수·어충류 서식지 등 생물서식지에 대한 지정기준만을 고려하고, 시설물이나 조망경관 또는 협곡·해협·폭포 등 저명한 경승지는 제외하였으며, 천연기념물에서는 지질·광물을 제외한 동·식물, 천연보호구역의 지정기준을 살펴보았다.

<표 3-9> 명승·천연기념물의 국가지정문화재 및 보호구역 지정기준

항 목	구 분		지정기준
국가지정문화재 (문화재보호법 제1조 관련)	명 승		나. 화수·화초·단풍 또는 조수·어충류의 서식지
	천연 기념물	동·식물	가. 한국 특유의 동·식물로서 저명한 것 및 그 서식지·생장지 나. 석회암지대·사구·동굴·건조지·습지·하천·호소·폭포의 소·온천·하구·도서 등 특수지역이나 특수환경에서 서식하거나 생성하는 특유한 동·식물 또는 동·식물군 및 그 서식지·생장지 또는 도래지 다. 문화·민속·관상·과학 등과 관련된 진귀한 동·식물로서 그 보존이 필요한 것 및 그 서식지·생장지·자생지 라. 한국 특유의 축양동물 마. 문화적·과학적·경관적·학술적 가치가 큰 수림·명목·거수·노수·기형목 바. 대표적 원시림·대표적 고산식물지대 또는 진귀한 산림상 사. 저명한 동·식물의 분포의 경계가 되는 곳 아. 생활·민속·의식주·신앙·문화 등과 관련된 유용 동·식물의 원산지 자. 세계문화및자연유산의보호에관한협약 제2조의 규정에 의한 자연유산에 해당하는 곳 차. 귀중한 동·식물의 유물발견지 또는 학술상 특히 중요한 표본과 화석
		천연보호 구역	가. 보호할 만한 천연기념물이 풍부하거나 다양한 생물학적·지구과학적·문화적·역사적·경관적 특성을 가진 대표적인 일정한 구역 나. 지구의 주요한 진화단계를 대표하는 일정한 구역 다. 중요한 지질학적 과정, 생물학적 진화 및 인간과 자연의 상호작용을 대표하는 일정한 구역
		자연현상	가. 관상상·과학상·교육상의 가치가 현저한 것
보호구역 (문화재보호법 제3조 관련)	명승		가. 경승지의 보호에 필요하다고 인정되는 구역
	천연기념물		가. 동물·지질광물·천연보호구역·자연현상의 보호에 필요하다고 인정되는 구역 나. 식물은 입목을 중심으로 하여 반경 5미터 이상 100미터 이내의 구역

4) 산림법

산림법은 산림자원의 증식과 임업에 관한 기본적 사항을 정하며 산림의 보호·육성, 임업생산력의 향상 및 산림의 공익기능 증진을 도모함으로써 국토의 보전과 국민경제의 건전한 발전에 이바지하기 위하여 제정되었다. 산림법에 의하면, 시·도지사 또는 지방산림관리청장은 산림내 식물의 유전자와 종 또는 산림생태계의 보전 및 학술연구 등의 목적으로 필요한 산림을 ‘산림유전자원보호림’⁹⁾으로, 기타 보존할 가치가 있는 노목·거목·희귀목을 ‘보호수’로 지정할 수 있다(제67조). 특히, ‘산림유전자원보호림’은 산림내 식물의 유전자와 종 또는 산림 생태계의 보전 및 학술연구를 위해 보존할 가치가 있는 원시림·고산식물지대·우리나라 고유의 진귀한 임상·희귀식물 자생지·유용식물원생지 또는 자연환경보전법에 의한 자연생태계보전지역 등의 산림에 대해 수목·지변단위 또는 능선 계곡 등의 천연경계로 구획을 정하여 지정한다(동법 시행규칙 제51조).

산림청장은 병해충, 기상, 대기오염 및 산성비 등에 의한 피해로부터 생태·경관 등의 보호를 위하여 특별한 관리가 필요한 것으로 인정되는 수목에 대하여 보전·관리계획을 수립하여야 한다(제103조의2). 보전·관리계획에는 수목의 분포조사, 쇠퇴원인조사, 장·단기 보전·관리사업, 관리·보전기술의 개발 및 보급, 그리고 관리·보전기술자의 양성방안을 포함한다(동법 시행규칙 제105조의2). 산림법 제105조에 의해 조성된 녹색자금으로 산림내 야생 동·식물 및 생태계 보호사업을 지원할 수 있다. 만일 ‘산림유전자원보호림’의 지정목적 달성으로 인해 보호림을 존치할 필요성이 없거나, 천재·지변 등으로 인한 지정목적 상실되었을 경우, 군사시설, 철도, 기상관측, 관개수로, 고속국도, 일반국도, 항만 및 항공시설의 용지로 사용되거나 발전·통신 또는 방송시설의 설치를 위해 지정해제가 불가피하다고 인정될 경우에 산림유전자원보호림의 지정을 해제할 수 있다 (산림법 제69조).

9) 2001년 1월 26일 개정 공포된 산림법에 의하여 종전 규정에 의하여 지정·고시된 ‘천연보호림’은 ‘산림유전자원보호림’으로 명칭이 변경되었다.

5) 물새 서식공간으로서 국제적으로 중요한 습지에 관한 협약 (람사협약)

다양한 종류의 수금류, 어류, 양서·파충류, 포유류, 저서성 대형 무척추동물, 플랑크톤 및 수생식물을 부양하는 많은 습지대가 간척, 매립 또는 오염에 의해 파괴되고 있다. 이에 따라, 국제수금류조사국(International Waterfowl Research Bureau, IWRB)의 주도하에 1971년 이란의 람사(Ramsar)에서 ‘물새 서식공간으로서 중요한 습지에 관한 협약(Convention on Wetland of International Importance Especially as Waterfowl Habitat, 이하 람사협약)’이 채택되었으며 1975년 12월부터 발효되었다. 이 협약은 보통 람사협약으로 통칭되고 있는데, 2004년 8월 현재 람사협약에 가입한 회원국은 140개국에 이르며, 우리나라는 1997년 7월 습지 생태계의 효율적인 보전 및 활용 계기를 마련하기 위하여 101번째로 가입하였다.

전문 및 12개 조항으로 구성된 람사협약에서 생물 서식지는 매우 중요한 고려사항이다. 협약에서 보호대상 습지를 선정하는 기준은 몇 차례의 수정·보완을 거쳤는데, 현재 선정기준은 <표 3-10>과 같다. 이에 따르면, 8가지의 선정기준 항목 중에서 7가지가 야생 생물(동·식물, 물새 및 어류)의 서식공간과 관련된 내용이다. 또한, 람사협약에 의한 보호대상 습지 선정 여부와 관계없이 물새 및 그 서식공간인 습지를 보호하기 위한 자연보호구역(nature reserve)의 설치(제4조)를 권고하고 있다. 람사협약의 당사국은 적어도 한 개 이상의 습지, 특히 물새 서식공간으로서 중요하며 간조 시 6미터 이하의 수심을 갖는 수역을 포함한 소택지, 늪, 이탄지역에 해당하는 서식공간을 국제적으로 중요한 습지 목록(List of Wetlands of International Importance, Ramsar List라고도 함)에 의무적으로 등록해야 한다.

<표 3-10> 람사습지 선정기준

구분		내용
대표적, 희귀 또는 특이한 습지		기준 1: 특이한 생물지리학적 특성을 갖춘 자연적·준자연적 상태의 대표적, 희귀 또는 독특한 유형의 습지
생물 다양성 보전에 중요한 습지	생물종 또는 군집 기준	기준 2: 희소 또는 생존력이 약하여 멸종위기에 처해 있는 동·식물종의 개체군 또는 군집이 집단으로 서식하는 습지 기준 3: 특정한 생물지리학적 특성을 갖는 생태지역에서 생물다양성을 유지하는데 중요한 동·식물 개체군이 서식하는 습지 기준 4: 동·식물의 생애주기 가운데 중요한 시기에 있는 생물종을 지탱시킬 수 있는 습지, 만일 습지가 없으면 부정적인 효과 발생
	물새에 의한 기준	기준 5: 2만 마리 이상의 물새가 정기적으로 서식하는 습지 기준 6: 물새의 종 또는 아종의 전체 개체수 중 1% 이상이 정기적으로 서식 또는 번식하는 습지
	어류에 의한 기준	기준 7: 토착 어류의 아종과 종 또는 과가 상당한 밀도로 서식하거나, 생애중 특정한 단계 및 생물종간의 상호작용을 부양하는 습지 기준 8: 어류의 산란장소, 이동경로, 먹이섭취, 생육장소로서 중요습지

6) 아시아·태평양지역 이동성 물새보호위원회

우리나라는 2003년 7월에 개최된 제8차 아·태 이동성 물새보호위원회(Migratory Waterbird Conservation Committee) 총회부터 회원국으로 등록하였다. 2004년 10월 현재, 아·태 이동성 물새보호위원회에는 우리나라를 비롯하여 호주, 일본, 중국 및 동남아 관련국 등 13개 국가가 가입하였다. 아·태지역의 이동성 물새 보전전략(2001-2005)에 따라, 오리·기러기류, 두루미, 도요·물떼새의 보호를 위한 네트워크를 확대지정하고 있다.

우리나라는 2004년 10월 현재 6개 지역이 네트워크로 등록되어 있는데, 동진강 하구의 도요·물떼새 네트워크와 서산 천수만지역의 오리·기러기류 네트워크, 그리고

철원평야 및 한강하구, 구미 해평습지와 순천만 연안습지가 두루미 네트워크로 지정되어 있다. 2004년 10월 현재 76개의 서식공간이 네트워크로 지정되었는데, 이는 337개 주요 서식공간의 약 22%에 해당한다.

7) 생물다양성협약

생물다양성협약(Convention on Biological Diversity)은 1992년 브라질 리우에서 개최된 환경과 개발에 관한 연합국 정상회담에서 채택된 국제법적 규약이다. 기존의 야생동·식물에 관한 협약들도 생물다양성 문제를 다루기는 하지만, 한 분야에 국한된 것이고 생물다양성 그 자체를 다루지 못한다는 한계를 인식하고, 보다 포괄적인 접근방법으로서 생물다양성을 보전하기 위해 본 협약이 마련되었다. 우리나라는 리우 회의 기간 중에 본 협약에 서명하였고, 1994년 10월 3일 생물다양성협약에 가입하였다. 생물다양성협약은 1993년 12월 29일 효력이 발생되었으며 2004년 8월 31일 현재 188개 국가와 유럽연합이 가입하고 있다.

전문과 42개 조항 및 2개의 부속서로 이루어진 생물다양성협약의 내용 중 생물서식지와 관련하여 언급한 내용은 협약 제8조이다. 현지내 보전에 대해 언급한 제8조에는 생태계와 서식지, 그리고 생존가능개체군을 지탱할 수 있는 방안 수립, 특히 생물다양성을 보전하기 위한 보호구역을 체계적으로 확립토록 규정하고 있다. 2004년 2월에 말레이시아에서 열린 제7차 당사국회의에 따르면, 멸종위기에 있는 생물종(예, IUCN의 Red List) 또는 이동성 생물(예, 철새)의 보전을 위해 보호구역의 면적을 체계적으로 설정 또는 확대하는 방안(결정문 VII/28: 보호구역) 및 전체 면적에서 적어도 10%는 효과적인 보호구역으로 지정(결정문 VII/30: 전략계획)토록 각 국에 권고하고 있다.

나. 야생동·식물 관련 보호구역 지정현황

자연생태계, 야생 동·식물, 경관, 지형·지질, 습지 등을 보호하기 위해 각종 보호

구역이 지정·관리되고 있다. 법률의 제정취지나 집행기관에 따라 보호구역의 경계 설정 및 지정절차에 얼마간에 차이가 존재한다. 이에 따라 동일한 지역에 대해 다양한 보호구역이 설정되기도 한다. 예를 들어 충남 태안의 신두리 사구는 환경부에 의해 지정된 ‘습지보호지역’(두웅습지), 해양수산부에 의해 수면부 및 해빈부문에 지정된 (해양)생태계보전지역, 그리고 문화재청에 의해 1차 사구(fore-dune)에 대해 지정된 ‘천연기념물’(제431호)보호구역이 인접되어 있다.

본 연구에서는 야생 동·식물의 서식공간을 보호·관리하기 위해 지정된 보호구역만을 살펴본다. 자연환경보전법에 의한 ‘생태계보전지역’, 야생동·식물보호법에 의한 ‘야생동·식물특별보호구역’, ‘시·도야생동·식물보호구역’, ‘야생동·식물보호구역’, 문화재보호법에 의한 ‘천연기념물보호구역’, 산림법에 의한 ‘산림유전자원보호림’이 이에 해당한다. 또한 유네스코 인간과 생물권계획(MAB)위원회에 의한 ‘생물권보전지역’, 아시아·태평양 이동성 물새보호위원회에 의한 ‘이동성 물새 네트워크’, 그리고 랍사협약에 의한 ‘람사등록습지’가 야생 동·식물의 서식공간과 관련된 국제적인 보호구역이다¹⁰⁾.

1) 생태계보전지역¹¹⁾

자연환경보전법에 의한 ‘생태계보전지역’은 총 22개 지역(환경부지정 8개소, 해양수산부지정 4개소, 시·도지사지정 10개소) 247.762 km²가 지정¹²⁾되어 있고, 이 중 야

10) 랍사협약에 의해 지정된 대암산 용늪(1.06km²) 및 창녕의 우포저수지(8.54km²)는 야생 동·식물의 주요 서식공간이지만 습지보호지역의 지정 취지가 유일한 고층습원 및 최고의 원시자연늪에 의한 것으로 본 연구대상인 야생 동·식물의 서식공간 설정에 포함되지 않는다.

11) 현재 국회 본회의에 상정중인 ‘자연환경보전법’ 개정법률안에서는 ‘생태계보전지역’ 지정제도를 자연경관을 포함한 ‘생태·경관보전지역’ 지정제도로 확대·개편하고, 생태·경관보전지역은 다시 핵심·완충·전이구역으로 구분·지정토록 규정하고 있다.

12) 환경부장관에 의해 지정된 ‘생태계보전지역’은 낙동강하구, 지리산, 대암산, 우포늪, 무제치늪, 섬진강 수달서식지, 고산봉 붉은박쥐서식지, 동강유역으로 8개 지역 (139.76km²)이며, 해양수산부장관에 의해 지정된 생태계보전지역은 신두리사구 해역, 문섬 등 주변해역, 오륙도 및 주변해역, 대이작도 주변해역으로 4개 지역 (70.37km²)이고, 시·도지사에 의해 지정된 시·도생태계보전지역은 대덕산·금대봉, 광양백운산, 조종천 상류 명지산·청계산, 거제시 고란초서식지, 한강밤섬, 둔촌동 자연습지, 방이동 습지, 탄천, 진관내동 습지, 암사동 습지로 10개 지역 (37.63km²)이다.

생 동·식물 서식공간과 관련된 곳은 9개 지역 151.802km²이다. 특히, 2000년 이후 환경부에 의해 지정된 3개의 '생태계보전지역' 가운데 2개 지역이 야생 동·식물 서식공간을 보호하기 위해 지정되었다. 멸종위기 동물인 수달의 서식공간이 훼손되는 것을 막기 위해 전남 구례군 문척면, 간전면, 토지면 일원의 약 1.83km²에 대해 '생태계보전지역'으로 지정하였으며, 멸종위기종 제1호로 지정된 붉은 박쥐의 서식공간을 보호하기 위해 전남 함평군 대동면 고산봉 일대를 '생태계보전지역'으로 지정하였다.

2) 조수보호구 (야생동·식물보호구역)

2004년 9월 현재 '조수보호및수렵에관한법률'에 따라 지정되어 있는 '조수보호구'는 총 544개소 139,169ha이다(<표 3-13> 참조). 야생조류 및 포유류를 보호하기 위해 지정된 '조수보호구'의 평균크기는 256ha인데, 야생생물의 다양한 생존요건을 충족시킬 수 있는 서식공간으로는 협소한 면적이다. 즉, 조류 및 포유류는 겨울철 먹이획득, 교배 및 번식활동, 그리고 포식자 또는 악천후로부터의 은신 등 생존요건을 충족시킬 수 있는 넓은 면적의 서식공간을 필요로 한다. 국제연합에서는 1974년부터 1997년까지 보호구역의 최소면적을 1,000ha로 규정¹³⁾하였으나, 최근 보호구역 면적의 총량을 증대시키기 위해 최소면적에 대한 규정을 폐지하였다(Chape et al. 2003).

13) 도서 전체가 보호구역으로 지정된 경우에는 다른 보호구역과는 달리 100ha를 최소면적으로 규정하였다. 세계자연보호연맹(IUCN)에서는 1974년 적정한 생태계 및 생물종의 보호를 위해 보호구역의 최소면적에 대해 규정하였다. 예를 들어 1997년에 17,596개의 보호구역이 최소면적기준을 충족하지 못해 국제연합 보호구역 목록에 포함되지 않았다. 2003년에는 보호구역을 확대하기 위해 세계자연보호연맹에서 보호구역 최소면적에 대한 규정을 폐지하였다(Chape et al. 2003).

<표 3-11> 야생생물 서식공간 관련 생태계보전지역 지정현황

구분	명칭	지정면적(km ²)	지정일자	지정사유
환경부지정	낙동강하구	34.200	1989. 3. 10	철새도래지
	울산 무제치늪	0.180	1998. 12. 31	희귀동·식물이 서식하는 산지습지
	섬진강수달서식지	1.830	2001. 12. 1	멸종위기 동물인 수달 서식지
	고산봉 붉은박쥐서식지	8.780	2002. 5. 1	멸종위기 동물인 붉은박쥐 서식지
해양수산부 지정	문섬 등 주변해역	13.684	2002. 11. 5	국내 유일의 산호군락지 다양한 해조류 군락 존재
	대이작도 주변해역	55.700	2003. 12. 31	수산 및 저서생물 주요 서식지
시·도지사 지정	대덕산·금대봉	4.200	1993. 4. 26	희귀 야생동·식물 집단 서식지
	광양 백운산	9.740	1993. 4. 26	희귀식물 자생지
	조종천 상류 명지산·청계산	21.840	1993. 9. 1	희귀곤충상 및 식물상이 다양하고 풍부한 지역
	거제시 고란초서식지	0.002	1995. 10. 2	고란초 집단자생지
	한강밤섬	0.241	1999. 8. 10	철새 도래지, 서식지
	탄천	1.405	2002. 4. 15	도심속의 철새 도래지

자료: 환경부, 2004a. 「환경백서」.

‘조수보호및수렵에관한법률’에 의해 야생 조류 및 포유류의 보호·번식의 필요가 있다고 인정될 때, 산림조수서식, 대규모서식, 집단도래, 집단번식, 유치지구, 특정조수서식, 애호지구로 구분하여 ‘조수보호구’를 설정한다. 산림조수서식보호구가 전체

조수보호구의 약 50%를 차지하고 있으며, 대부분의 ‘조수보호구’가 산림지역에 위치하고 있다. 다만, 집단도래보호구는 농경지역 및 기타지역에 주로 설정되어 있다.

<표 3-12> 토지이용에 따른 조수보호구 설정현황

조수보호구	총계 (ha)	산림지역 (ha)	농경지역 (ha)	기타지역 (ha)
총계	139,169	128,176	282	10,771
산림조수서식	67,300	67,289	-	11
대규모서식	37,954	37,844	50	60
집단도래	15,812	5,996	205	9,612
집단번식	10,039	8,811	-	1,228
유치지구	5,107	5,050	24	33
특정조수서식	640	580	-	60
애호지구	2,317	2,112	3	202

<표 3-13> 지역별 조수보호구 지정현황

지역	구분	총계	산림조 수서식	대규모 서식	집단 도래	집단 번식	유치 지구	특정조 수서식	애호 지구
전국	개소	544	149	14	71	22	147	22	119
	면적	139,169	67,300	37,954	15,812	10,039	5,107	640	2,317
서울	개소	4					4		
	면적	911					911		
대구	개소	3			3				
	면적	302.5			302.5				
인천	개소	4					2		2
	면적	48					27		21
광주	개소	4			1		3		
	면적	529			14		515		
대전	개소	8					7		1
	면적	175					163		12
울산	개소	5			4		1		
	면적	273			245		28		
경기	개소	69	12			4	23	7	23
	면적	5,895	3,318			1,167	478	185	747
강원	개소	34	2	1	5	9	12		5
	면적	10,339	3,973	5,505	548	75	181		57
충북	개소	31	5	1	2	1	10	1	11
	면적	40,156	19,111	7,006	6,891	6,744	364	2	38
충남	개소	66	31		9	3	9	5	9
	면적	8,660	4,210		4,200	29	82	83	57
전북	개소	46	14		5		12	1	12
	면적	5,418	4,135		650		137	60	286
전남	개소	57	8		11		19	7	12
	면적	6,279	3,023		1,284		1,324	308	340
경북	개소	78	3		24		23		28
	면적	2,733	1,216		878		384		255
경남	개소	76	30	4	6	1	20		15
	면적	27,901	15,664	10,544	795	23	381		494
낙동강 유역청	개소	1		1					
	면적	5,156		5,156					
금강 유역청	개소	10	3	4	1			1	1
	면적	9,591	929	8,645	10			2	10
영산강 유역청	개소	31	30				1		
	면적	3,083	3,033				50		
원주지방 환경청	개소	11	6			4	1		
	면적	9,286	7,203			2,001	82		
전주지방 환경청	개소	6	5	1					
	면적	2,433	1,485	948					

주: 2004년 9월 기준, 면적 단위는 ha임.

3) 산림유전자원보호림 및 보호수

우리나라의 야생식물은 산림청에 의해 ‘산림유전자원보호림’ 또는 ‘보호수’로 지정되어 보호받거나, 환경부 및 문화재청에 의해 ‘생태계보전지역’이나 ‘천연기념물’로 지정되어 보호되고 있다. 1972년 8월 경북 예천군 상금곡리의 소나무 군락지 2.18ha를 비롯하여, 현재 총 108개소 11,112.87ha의 식물 생육지가 ‘산림유전자원보호림’으로 지정·관리되고 있다. 보호림 가운데 경북 청송에 위치한 소나무 원시림이 가장 넓은 2,073ha이고, 가장 협소한 보호림으로는 경북 영천의 팽나무 62본 0.17ha이다.

<표 3-14> 지역별 산림유전자원보호림 지정현황

지역	구분	합계	원시림	희귀식물 자생지	진귀한 임상	유용식물 자생지	고산식물 지대
전국	개소	108	30	17	37	23	1
	면적	11,112.87	6,506.45	1,225.19	2,704.58	493.65	183.00
대구	개소	6	3	3			
	면적	8.30	3.50	4.80			
인천	개소	5			5		
	면적	8.60			8.60		
대전	개소	1			1		
	면적	0.80			0.80		
강원	개소	38	1	5	13	19	
	면적	3,391.27	2,049.00	524.00	399.00	419.27	
충북	개소	1		1			
	면적	1.00		1.00			
충남	개소	1			1		
	면적	1.00			1.00		
전북	개소	1		1			
	면적	97.69		97.69			
전남	개소	12	4	2	3	3	
	면적	49.12	6.22	7.70	3.10	32.10	
경북	개소	33	15	4	12	1	1
	면적	7,458.59	4,376.23	568.00	2,289.08	42.28	183.00
경남	개소	10	7	1	2		
	면적	96.50	71.50	22.00	3.00		

자료: 산림청. 한국의 식물자원(<http://www.koreaplants.go.kr>).

전국에 걸쳐 분포되어 있는 100년 이상된 귀중한 나무, 특별히 보존할 가치가 있는 나무, 옛날부터 전해오는 전설이 깃든 향토적인 나무 등 11,701 그루, 총 8,757개소에 대해 시·도지사 및 지방산림관리청장은 ‘보호수’로 지정·보호하고 있다. 시·도지사 및 지방산림관리청장은 ‘보호수’로 지정한 다음, 필요할 경우 ‘보호수’의 소유자나 관리인에 대하여 그 보호·관리 및 시업에 관하여 필요한 사항을 요구할 수 있다.

<표 3-15> 지역별 보호수 지정건수

지역	합계	명목	보목	당산목	정자목	호안목	기형목	풍치목	기타
전국	8,757	361	140	2,242	4,024	27	91	1,740	132
서울	225	5	5	12	108	0	2	83	10
부산	86	21	2	37	18	0	1	7	0
대구	146	11	4	55	29	4	0	34	9
인천	96	1	1	7	43	0	4	36	4
광주	71	4	0	33	30	1	1	2	0
대전	90	1	1	9	69	0	0	10	0
울산	18	1	1	8	5	0	0	2	1
경기	984	36	28	88	655	1	14	154	8
강원	385	6	7	161	86	0	7	110	8
충북	736	22	7	115	391	0	8	181	12
충남	1,307	123	26	91	867	0	6	187	7
전북	453	3	13	86	211	1	8	119	12
전남	1,977	68	32	649	807	15	9	388	9
경북	1,386	28	6	666	388	4	14	247	33
경남	633	31	6	209	282	1	6	81	17
제주	164	0	1	16	35	0	11	99	2

자료: 산림청. 한국의 식물자원(<http://www.koreaplants.go.kr>).

4) 천연기념물

문화재청에서는 우리나라에서 사라질 위기에 있거나 희귀한 동물, 식물, 광물 및 천연보호구역에 대해 천연기념물로 지정하여 보호·관리하고 있다. 국가지정문화재인 천연기념물로 지정한 식물로는 노거수 142건, 희귀식물 17건, 자생지 27건, 수림지 33건 등 총 219건을 지정·관리하고 있다. 대표적인 수종으로는 미선나무, 은행나무, 느티나무, 팽나무, 비자나무, 모감주나무 등이 있다. 또한, 사향노루, 산양, 노랑부리백로, 원앙, 황쏘가리, 어름치, 장수하늘소 등 야생동물을 보호하기 위해 서식지 6건, 번식지 15건, 도래지 6건, 조류 21건, 포유동물 9건, 어류 4건, 곤충 2건 등 총 63건을 천연기념물로 지정하고 있다(<표 3-16> 참조).

우리나라에 지정되어 있는 천연기념물은 전체 336건으로 이 가운데 야생 동·식물 서식공간과 관련된 동물, 식물 및 천연보호구역으로 지정된 천연기념물은 전체 86.9%인 292건이다. 유형별로 보면 식물이 219건으로 가장 많으나, 면적은 상대적으로 작고, 동물은 63종이지만 넓은 면적에 걸쳐 지정되어 있다. 진도 의신면의 상록수림은 당초 12,231m²로 지정되었으나, 1999년 문화재청에 의해 동일한 지형·지세와 형태를 갖춘 상록수림으로 학술적 가치가 큰 주변지역을 포함한 621,351m²로 보호구역 지정을 확대하였다. 강원 영월군에 지정되어 있는 천연기념물 제76호인 은행나무는 주변 지역의 급속한 개발로 인해 파괴될 위험에 있어, 문화재청에서는 은행나무 생존을 위한 최소한의 생육공간 확보를 위해 주변 토지를 매입하여 추가·지정하였다. 2002년에는 제주 천지연 난대림지대(천연기념물 제379호)에 대해, 당초 지정내용보다 더 넓은 지역에 분포되어 있는 난대림을 보호구역 면적에 포함하였다(문화재청, 2003).

<표 3-16> 생물서식공간 관련 문화재 지정현황

구분	국가지정문화재 (천연기념물) ¹⁾				시·도지정문화재 (시도기념물) ²⁾			총계
	식물	동물	천연보 호구역	소계	식물	동물	소계	
전국	219	63 ³⁾	10	292	168	5	173	465
서울	9	1	0	10	3	0	3	13
부산	5	1	0	6	2	0	2	8
대구	1	0	0	1	2	0	2	3
인천	5	2	0	7	4	0	4	11
광주	0	0	0	0	5	0	5	5
대전	0	0	0	0	0	0	0	0
울산	2	0	0	2	0	0	0	2
경기	7	4	0	11	4	0	4	15
강원	14	4	3	21	6	2	8	29
충북	18	2	0	20	2	0	2	22
충남	12	2	0	14	9	1	10	24
전북	23	1	0	24	13	0	13	37
전남	34	6	1	41	38	2	40	81
경북	47	3	1	51	28	0	28	79
경남	18	4	0	22	34	0	34	56
제주	0	3	5	8	18	0	18	26

주: 1) 천연기념물 가운데 야생동·식물의 서식공간과 관련된 동물, 식물 및 천연보호구역은 포함하고, 동굴·지질구조·지형지질 등 광물은 제외함.

2) 시·도기념물 가운데 야생동·식물의 서식공간과 관련된 동물, 식물은 포함하고, 성지·교분·향교·지석묘 등은 제외함.

3) 천연기념물(동물)로 지정된 63건 가운데 30건은 2개 이상의 시·도를 포함함.

자료: 문화재청 홈페이지(<http://www.ocp.go.kr>). 2004년 11월 1일 기준.

5) 유네스코 문화자연유산

우리나라에 지정되어 있는 세계유산은 모두 문화유산으로 석굴암·불국사(1995), 해인사 장경판전(1995), 종묘(1995), 창덕궁(1997), 수원화성(1997), 경주역사유적지구(2000), 고창·화순·강화 고인돌유적(2000) 등 총 7곳이다. 제주도와 4개 시·군은

한라산 천연보호구역 등 제주지역을 세계자연유산으로 등록하고자 한다. 한라산 정상부의 백록담은 화산지형의 원형이 보존되어 있고, 특히 수많은 자생식물이 자라고 있는 식생의 보고로 지구의 역사와 변천과정을 보여주는 지역이다.

6) 생물권보전지역

우리나라에 지정되어 있는 생물권보전지역은 2곳으로 설악산(1982)과 제주도(2002)가 있다. 1982년에 지정된 설악산생물권보전지역은 총 39,349ha로써, 핵심지역 16,429ha, 완충지역 22,385.4ha, 그리고 전이지역 534.6ha이다. 제주도 생물권보전지역은 한라산 국립공원을 포함하여 해발 200미터 이상 지역, 그리고 영천과 효돈천 및 그 주변일부 지역, 서귀포 시립해양공원과 해양지역으로 전체 면적은 83,094ha이다. 제주도 생물권보전지역의 핵심지역은 식물 1,800여종과 동물 4,000여종이 서식하는 한라산국립공원과 천연보호구역인 서귀포시 범섬, 섯섬, 문섬, 서귀포시 효돈천 등으로 이루어진 15,158ha(해양부문: 32ha)로써 제주도생물권보전지역의 약 18.2%이다. 서귀포 앞바다 등이 핵심지역을 보호하는 완충지역(14,601ha)으로 지정되었으며, 해발 200미터 이상 산간지역 등은 인간과 동·식물이 공존하는 전이지역(53,335ha)이다.

7) 아시아·태평양 이동성 물새 네트워크

2004년 10월 현재 우리나라를 비롯한 13개 나라의 76개 지역이 두루미, 오리·기러기 등 수금류, 그리고 도요·물떼새의 보호를 위한 아시아·태평양 철새 네트워크에 가입되어 있다. 일본은 오리·기러기 등 수금류 네트워크 15곳이 등록되어 있는 등 총 24곳의 네트워크를 갖고 있으며, 중국, 호주, 러시아 등이 10곳 이상의 네트워크를 등록하고 있다. 우리나라 네트워크는 서산 천수만, 칠원평야, 한강하구, 동진강하구 4곳이었으나, 2004년 구미 해평습지와 순천만 연안습지가 추가되어 6곳이 되었다. 우리나라, 중국, 일본 등 동북아시아 지역은 두루미 또는 오리·기러기 네트워크가 많고, 호주 등 대양주 지역에서는 도요·물떼새 네트워크가 높은 비율을 차지하고 있다.

<표 3-17> 아시아·태평양 이동성 물새 네트워크의 국가별 현황

구분	오리·기러기류	두루미	도요·물떼새	계 ²⁾
러시아	6	4	1	10
몽고	2	3		5
중국	2	10	7	14
북한		2		2
대한민국	1 (천수만)	4 ¹⁾	1 (동진강하구)	4
일본	15	5	6	24
필리핀	1		1	2
싱가폴			1	1
인도네시아			1	1
파푸아 뉴기니			1	1
호주			11	11
뉴질랜드			2	2
말레이시아			1	1
합계	27	28	33	78

주: 1) 우리나라의 두루미 네트워크는 철원평야, 한강하구, 구미 해평습지, 그리고 순천만 습지임.

2) 러시아, 중국 및 일본 등 일부 지역에서는 오리·기러기류 및 두루미 네트워크가 중복됨.

다. 야생동·식물 서식공간 관련 조사지역 설정현황

1) 생태계변화관찰 대상지역

130개의 생태계변화관찰 대상지역 가운데 철새도래지는 경인지방환경청의 관할지역인 한강 뱀섬, 한강 하구를 포함한 총 27개 지역이고, 희귀 또는 멸종위기 야생동·식물의 서식공간으로는 해오라기 번식지인 경기 김포군 고촌면에 위치한 전호산을 비롯하여 33개 지역이다(표 3-18 참조).

<표 3-18> 야생생물 서식공간 관련 생태계변화관찰 대상지역 지정현황

구분	지역수	철새	대표적 야생 동·식물 서식공간 관련 관찰지역
경인지방 환경청	13	7	전호산(해오라기 번식지), 웅진 신도(조류 번식지), 웅진 백아도(동백나무 자생지), 백령도 해안(물범 서식지)
원주지방 환경관리청	28	9	평창 가리왕산(멧돼지, 노루, 고슴도치 등 야생포유류 서식지), 평창강(산림조류의 서식지), 횡성 압곡리(백로 서식지), 삼척 소하천(민물 '물곰' 서식지), 양구 두타연(열목어 번식지), 평창 대화·봉평(수달 서식지), 오십천(회유성 어류 이동통로), 원주 주산리(백로·왜가리 번식지)
금강 환경관리청	13	3	금강 옥천유역(붉은점모시나비 등 희귀 곤충 서식지)
낙동강 환경관리청	12	3	함안 여항산(소사나무 군락지), 밀양 천황산(주요식물 군락지), 거제 개안마을(고란초 집단자생지), 김해 월천·조정리 수로(멸종위기종 연체동물 대칭이 서식지)
대구지방 환경관리청	13	1	울진군 소광리(금강소나무 유전자보존림), 울진 왕피·남대천(회유성 어류 이동통로)
영산강 환경관리청	12	2	영광 불갑산(참식나무 자생지)
전주지방 환경관리청	9	2	무주 남대천(반딧불이 서식지), 완주 동상(노각나무 서식지), 임실 사선대(다묵장어, 모래주사 서식지)
국립공원 관리공단	30		월악산 송계리계곡(산양 서식지), 안면도(모감주나무 군락지), 속리산(보호야생동·식물 서식지), 거제도 남단도서(괭이갈매기 집단번식지, 팔손이나마 자생지), 지리산 반야봉(구상나무 자생지), 완도 보길도(풍란, 흑비둘기 등 희귀동식물 서식지), 영암 월출산(구렁이, 끈끈이귀개, 삼, 황조롱이 등 희귀동식물 서식지), 지리산 왕등재(희귀식물 서식지), 내장산(굴거리나무 군락지), 변산반도 난대림(미선나무 등 천연기념물 군락지)
합계	130	27	

2) 겨울철 조류 동시센서스

2004년 118개 지점에 걸쳐 실시된 겨울철새의 현황 및 서식공간 조사에 따르면, 총 185종 1,113,627마리가 관찰되었다. 국내 최대 규모의 겨울철새 도래지는 전북 동림 저수지로서 250,418마리의 겨울철새가 관찰되었으며, 그 다음으로는 금강호(108,449

마리), 고천암호(87,393마리), 시화호(67,262마리), 영산호(50,187마리) 순으로 나타났다. 상위 5개 조사지점에서 전체 관찰 개체수의 51%를 차지한다(환경부, 2004).

<표 3-19> 겨울철조류 동시센서스 상위 5개 조사지점 및 관찰 개체수

연 도	구 분	1	2	3	4	5
2004	지역명	동림저수지	금강호	고천암호	시화호	영산호
	개체수	250,418	108,449	87,393	67,262	50,187
2003	지역명	금강호	영산호	동진강	만경강	시화호
	개체수	341,329	48,994	34,020	32,407	27,190
2002	지역명	금강호	동림저수지	만경강	시화호	동진강
	개체수	160,060	151,038	37,174	36,790	34,220
2001	지역명	시화호	동림저수지	만경강	금강호	간월호
	개체수	171,202	156,299	98,364	49,507	41,822
2000	지역명	시화호	영산호	동림저수지	동진강	간월호
	개체수	136,131	129,763	128,089	88,863	75,853
1999	지역명	고천암호	시화호	간월호	금호호	아산만
	개체수	204,705	87,193	68,373	64,801	57,200

겨울 철새가 서해안에 많이 도래하는 것은 먹이취득 및 휴식공간으로 사용되는 농경지 및 저수지가 동해안이나 남해안에 비해 많기 때문이며, 가장 많이 관찰된 종은 가창오리로 455,168마리였으며, 그 다음 청둥오리(240,816마리), 흰뺨검둥오리(67,761마리), 쇠기러기(51,341마리), 큰기러기(36,706마리)순으로 나타났다. 상위 5개종의 관찰 마리수가 전체 관찰 개체수(1,113,627마리)의 약 76%를 차지한다(환경부, 2004).

한편, 법정보호종인 두루미, 노랑부리저어새 등 멸종위기종이 많이 도래하는 지역으로는 충남 서산의 천수만지역(간월호), 철원평야, 금호호, 하도리 등으로 나타났다. 특히, 간월호와 철원평야는 「겨울철 조류 동시 센서스」 조사가 시작된 1999년 이후 2004년까지 매년 3종이상의 멸종위기종이 관찰되는 주요 철새 도래지로서, 겨울 철새의 개체군 및 서식공간에 대한 보호 필요성이 높은 지역이다.

3. 서식공간 조사 및 설정에 따른 문제점

가. 서식공간 조사의 한계

야생 동·식물의 서식공간 설정에 사용되는 「전국자연환경조사」, 「겨울철 조류 동시 센서스」, 「야생동물 실태조사」 등에 대한 문제점을 준비, 조사, 활용단계로 구분하여 살펴보았다.

1) 준비단계

준비단계에서 겪는 가장 큰 어려움은 예산 및 전문가 부족을 들 수 있다. 우리나라는 국토면적에 비해 다양한 형태의 서식공간으로 구성되었으며, 외딴 섬이나 깊은 산과 같이 접근하기 어려운 지역이 많기 때문에 자연생태계 조사를 위해서는 많은 시간과 비용이 필요하다. 제1차 「자연생태계전국조사」(1986-1990)는 짧은 조사기간과 전문가 부족으로 신뢰성있는 조사 결과를 얻기 어려웠다. 제2차 「전국자연환경조사」는 예산 및 인력이 증가되었음에도 불구하고, 조사대상의 확대와 정밀조사에 대한 필요성으로 인하여 여전히 시간과 비용의 문제를 안고 있다.

<표 3-20> 제1·2차 전국자연환경조사 비교

구분	제1차 자연환경조사	제2차 전국자연환경조사
조사기간	1986-1990 (5년간)	1997-2003 (7년간)
조사예산	20 억원	118 억원
조사방법	행정구역 중심	지형·생태권 중심
조사인원	240명/년 (중앙중심)	400명/년 (지역중심)

자료: 환경부, 2004a. 「환경백서」.

둘째, 우리 국토에 대한 이해의 부족을 들 수 있다. 생물지리학적 구계에 대한 연

구 부족으로 인해 제2차 「전국자연환경조사」에서는 대표적인 산을 중심으로 우선 권역과 일반권역으로 조사권역을 구분하였다. 그러나 산림생태계를 제외한 하구·석호·내륙습지·도시내 하천·휴경농지·해안지역 등은 산에 의한 조사권역 구분보다는 생물지리학적 구계에 따른 구분이 적절하다. 특히, 해안이나 하천·호소는 수계를 중심으로 조사권역을 설정하는 것이 필요하다. 생물지리학적 구계를 설정하는데 있어, 축척에 따라 기준을 정하고 구계구분도를 제작한다. 즉, 한반도 전체에 대한 구계 구분(1/1,000,000), 경관규모에서의 구계 구분(1/50,000), 그리고 지구(地區) 규모에서의 구계 구분(1/5,000)으로 구성한다. 작성된 구계 구분도는 야생 동·식물 등 자연생태계 조사를 위한 기초 자료로 활용한다.

2) 조사단계

제2차 「전국자연환경조사」, 「야생동물 실태조사」 등은 각각 조사지침을 제작하였으나, 조사자에 대한 인적사항, 조사지역에 대한 특성, 그리고 조사시기의 기상여건 등 야생 동·식물의 조사에 필요한 몇 가지 주요 항목이 누락되어 있다. 자연환경 조사의 경우, 우선권역과 일반권역간의 조사 항목의 차이로 인해 지역간 서식환경의 비교가 어려운 상황이다. 더욱이, 어떤 조사에서도 조사 시작시간과 마감시간, 조사 시 사용한 장비목록, 조사당시의 기상여건 등에 대한 내용을 기록하지 않기 때문에 동일한 조사자가 인접한 조사지점을 조사하였을지라도, 두 지역의 비교가 어렵다. 조사자의 지식이나 경험차이로 인한 오류는 없으나, 조사지의 기상이나 조사 시간의 차이가 있을 때 조사지의 고유한 서식환경 차이보다는 조사여건 차이로 인해 야생 동·식물의 관찰 개체수가 달라질 수 있기 때문이다.

조사 결과에 따라 현재 야생 동·식물의 공간적 분포 및 밀도차이를 알아내는 것과 함께, 시간의 흐름에 따라 야생 생물의 개체수 및 서식환경이 어떻게 변화되고 있는지 알아보는 것도 중요하다. 즉, 우리나라 각 지역생태계에 산재되어 있는 야생 동·식물이 감소되고 있는지 또는 안정된 개체군을 유지하고 있는지 파악할 수 있어야 한다. 이를 위해서 주기적으로 실시되는 조사지점의 위치가 명확해야 하며, 동일한

조사방법을 사용해야 한다. 지금까지 「겨울철 조류 동시 센서스」 및 「야생동물 실태조사」는 가능한 동일한 조사자가 주기적으로 조사에 참여하고 있어, 계절별·연도별 개체수 및 서식환경의 전반적인 개체군 변동을 살펴보는데 어려움은 없는 상태이다. 그러나 조사예산의 부족으로 인해 실태조사원의 참여가 떨어지고 있는 상황을 감안하여 각 조사대상지에 대한 표준화된 조사방법(예, 고정된 방형구 설정, 조사 시간 및 시작시간의 명시 등)을 확립해야 한다.

우리나라에서 실시되고 있는 야생 동·식물 관련 조사에서는 지역주민들의 자발적인 참여가 매우 저조하며, 주민참여를 유도하기 위한 지원체제도 확립되지 않은 형편이다. 미국의 경우, '크리스마스 조류조사'(Christmas Bird Count, CBC)를 통해 1900년부터 일반 주민이 조사에 직접 참여하고 인터넷을 통해 자신이 관찰한 조류종 및 개체수를 입력할 수 있다. 이를 통해 주민은 지역생태계를 좀 더 깊이 이해할 수 있으며, 보호 및 모니터링 활동에 적극적으로 참여할 수 있다. 특히, 전문가와 지역주민이 함께 조사활동을 실시함으로써, 조사결과에 대한 신뢰성을 높일 수 있다.

3) 활용단계

자연환경 관련조사는 사업의 취지에 따라 자연생태계 평가, 철새 이동경로 파악, 국가통계 작성, 서식지 보호 및 관리에 활용되고 있으나, 필요성이 높아지고 있는 서식모형 개발을 위한 지리정보시스템(Geographic Information System, GIS) 구축은 미흡한 상황이다. 가장 오랫동안 그리고 주기적으로 조사하고 있는 「야생동물 실태조사」는 조사지점에 대한 도면화 작업조차 이루어지지 않고 있는 실정이다. 다만, 제1차 「자연생태계전국조사」를 토대로 녹지자연도를 제작·공급하고 있으며, 제2차 「전국자연환경조사」 결과를 이용하여 '생태·자연도', 동식물분포도, 식생보전등급 등을 제작함에 따라 야생 동·식물의 서식공간 설정에 활용할 수 있다.

또한 조사에 참여한 전문가 활용정도도 낮다. 1967년부터 현재까지 진행중인 「야생동물 실태조사」의 경우, 오랜 기간동안 야생동물 실태조사원으로 활동한 전문가가 많은 상황이지만, 이들의 경험과 지식을 야생동물의 서식공간 설정에 활용할 수

있는 방안은 미흡하다. 더욱이 「전국자연환경조사」 및 「겨울철 조류 동시 센서스」는 지역 전문가의 부족에 따른 중앙 중심의 조사로 인해, 지역의 서식공간 설정을 위한 전문가 육성이 시급한 실정이다.

나. 서식공간 설정의 한계

앞 절에서는 전국자연환경조사를 비롯한 야생 동·식물 및 서식공간에 대한 조사 방법론의 실시에 따른 한계점을 언급한 반면, 본 절에서는 조사결과와 활용 및 야생 동·식물의 서식공간을 설정하는데 있어 적용되는 관련 법률과 제도를 검토한다.

1) 소생태계에 대한 개념정립 필요

자연환경보전법에 의하면 ‘야생동·식물의 서식지간 이동 및 생태적 연속성을 높이거나 특정한 생물종의 서식조건을 개선하기 위하여 조성하는 생물서식공간’을 ‘소생태계’(제2조)로 정의하고 있으나, 소생태계를 설정하기 위한 지정요건이나 절차에 대한 설명이 부족하다. 소생태계는 비오톱과 유사한 용어로 간주할 수 있다. 따라서 소생태계의 조성 계획을 수립하는데 있어 비오톱지도를 활용할 수 있다.

지금까지 제작된 비오톱지도는 서울, 성남 등 도시지역이며, 서울의 경우 65개 비오톱유형이 선정되었으며(서울특별시. 2001), 성남의 비오톱지도는 10개 유형으로 구분되었다(성남시. 2001). 이와 같이 도시지역이라 할지라도 지역의 지형여건, 식생구조, 토지이용, 물질의 순환과정에 따라 다른 형태의 소생태계를 나타낸다. 아직까지 농촌지역이나 해안지역에 대한 소생태계(비오톱) 검토는 부족한 상황이다.

2) 보호구역 경계설정과 야생 동·식물 특성 고려

서식공간을 보호하기 위해서는 야생 동·식물 특히 야생 동물의 계절별, 생애주기별 행동반경을 고려하여 경계를 설정해야 한다. 우리나라의 경우, 야생 동·식물의

서식환경에 대한 기초 자료가 취약하기 때문에 생물 서식공간을 보호하기 위한 보호구역의 경계를 설정하기 어렵다. 현재, ‘생태계보전지역’, ‘조수보호구’, ‘산림유전자원보호림’ 및 ‘천연기념물’ 등 각종 보호구역은 중앙행정기관에 의해 대상 생물종을 선정하고, 현지조사 및 전문가의 의견을 수렴하여 개략적인 경계를 설정한다. 그 다음, 대상지역에 대한 정밀조사, 관련 중앙부처와의 협의, 해당 지방자치단체와 지역주민의 의견수렴 등을 토대로 보호구역을 지정한다.

현재 야생 동·식물의 서식공간을 보호하기 위해 지정된 보호구역으로는 ‘생태계보전지역’(섬진강수달서식지, 고산봉붉은박쥐서식지 등), ‘조수보호구’, ‘산림유전자원보호림’ 및 ‘천연기념물’이 있으나, 이들 보호구역은 멸종위기종과 같은 특정 생물종의 서식공간을 보호하기에는 미흡한 상황이다. 대부분의 ‘생태계보전지역’은 극상림이나 습지와 같이 식생 상태를 기준으로 구역을 분류하며, 구역내 서식하고 있는 모든 야생 동·식물에 대해 포괄적으로 규정하고 있다. ‘조수보호구’는 야생조류 및 포유동물에 대한 보호를 규정하고 있으나, 야생동물의 행동반경에 비해 지정면적이 협소하다. ‘산림유전자원보호림’은 목본식물 위주로 지정되어 있어, 멸종위기에 처한 야생화 등 초본식물에 대한 서식공간의 설정에 있어서는 취약하다. 다만, 최소면적(1ha)에 대한 규정을 명시함으로써 외부의 교란으로부터 보호될 수 있는 야생식물 서식공간을 설정코자 했다. ‘천연기념물’의 경우, 일부 특정 조류의 서식공간이 보호구역으로 지정되어 있으나, 조류에 대한 서식적합성을 고려하지 않고 설정함으로써 보호구역의 실효성이 낮다.

멸종위기종과 같이 특정 생물종의 서식공간을 구체적으로 보호할 수 있는 법률적 근거를 갖고 있는 구역으로는 ‘야생동·식물특별보호구역’이 있다. 2004년 8월 11일 입법예고된 ‘야생동·식물보호법’ 시행규칙 제35조에 따르면, 환경부장관은 멸종위기 야생동·식물의 생존을 위해 필수적인 서식지·번식지·도래지 등을 대상으로 ‘야생동·식물특별보호구역’으로 지정할 수 있다. 지리산의 반달가슴곰, 설악산의 산양, 광릉의 크낙새, 봉화 운곡천의 수달, 철원평야의 두루미, 강화도의 매화마름, 무주의 반딧불이 등이 ‘야생동·식물특별보호구역’을 위한 대상지역으로 고려될 수 있다.

3) 서식모형을 활용한 서식공간 설정 한계

서식공간을 설정하기 위한 전제조건으로 먼저 서식모형이 개발되어야 한다. 서식모형의 개발을 어렵게 하는 것으로는 다음과 같은 3가지가 있다.

먼저, 서식모형을 개발하기 위한 지침의 부족이다. 서식모형 개발을 위해 어떤 생물종을 선택할 것인지, 그리고 지역생태계를 나타내는 토착종 선택에서는 어떤 기준을 적용할 것인지 알아야 한다. 생물종에 대한 서식모형의 개발은 생물종의 분포특성에 따라 전국규모와 지구규모로 구분할 수 있다. 우리나라에서는 현지조사에 의한 접근방법, 조사자료를 이용한 통계적인 모형개발 및 검증방법 등이 활용되고 있다(유병호 외. 1996, 김원주 외. 1999). 지금까지 개발된 서식모형은 주로 평(유병호·양병국. 1994), 멧토끼(유병호 외. 1995), 멧돼지(Park and Lee. 2003), 흰뺨검둥오리(유병호. 1998) 등 수렵 동물을 대상으로 하였다.

둘째, 우리나라는 멸종위기 또는 고유 생물종의 분포 및 서식밀도에 관한 기초자료가 부족하며 지리정보를 이용한 서식모형의 개발 및 서식지도를 작성할 수 있는 능력이 낮은 상태이다. 최근 「전국자연환경조사」를 토대로 제작하고 있는 ‘야생동·식물분포도’는 식생, 포유류, 조류, 양서·파충류, 곤충류 등이 발견된 지점을 1/25,000 수치지형도 위에 나타낸다. 전성우와 정휘철(1999)은 식생도를 이용한 얼룩 올빼미(spotted owl)의 서식적합성모형에 대해 소개하고 있다. 이들의 연구에 따르면, 현재까지 구축된 지리정보는 공간적 해상도가 낮으며 분류속성이 서식변수를 고려하지 않고 있어 서식적합성모형을 개발하는데 어렵다고 제시하고 있다.

셋째, 야생동·식물을 보호하기 위한 서식모형을 개발하기에는 전문가 집단이 부족한 실정이다. 수달 등 일부 생물종의 개체군 및 서식환경에 대한 연구(대구지방환경청. 2002, 문화재청. 2001, 한성용. 1997, 환경부. 1997)를 제외하고, 대부분의 생물종 및 적용대상 지역에 대한 서식모형을 개발하기에는 전문가 집단이 부족하며 서식특성에 대한 지식기반이 취약하다.

제4장 서식모형의 사례 구축

1. 생물종 및 사례지역 선정

가. 생물종의 선정

황소개구리(Bullfrog, *Rana catesbeiana*)는 자연환경보전법에 의해 1998년 생태계 위해 외래동·식물로 지정되었다. 우리나라에는 천적이 거의 없는 것으로 알려진 황소개구리는 곤충, 물고기, 개구리 및 뱀까지 잡아먹는 탐식성 양서류로서, 생태계의 먹이사슬을 교란하여 우리나라 고유 생태계를 파괴하고 있다. 또한, 양식장을 침입하여 새우, 참게 등의 양식을 방해하는 등 경제적으로도 큰 손실을 입히고 있다. 식용목적으로 도입한 황소개구리가 우리나라 토착생태계를 파괴하였으나, 최근 개체수가 감소되어 환경부에서 그 원인에 대해 연구 중에 있다(심재한, 2004). 본 연구에서는 미국 어류및야생동물청에서 사용하고 있는 황소개구리 서식모형을 우리나라에 적용할 수 있는지 검토하여 우리나라에 적합한 서식공간 설정방안을 제시하였다.



<그림 4-1> 청둥오리와 황소개구리 사진¹⁴⁾

청둥오리(Mallard, *Anas platyrhynchos*)는 가창오리와 함께 겨울철에 우리나라를 찾아오는 대표적인 겨울철새이다(조삼래, 2002). 가창오리는 1999년 「겨울철 조류 동시 센서스」가 시작된 이후 꾸준히 증가되는 반면 청둥오리는 계속 감소하고 있다. 즉, 1999년 340,581마리가 관찰되어 우리나라를 찾아오는 겨울철새 중 가장 많은 개체수를 보였으나, 2004년 조사에서는 240,816마리로 감소되었다(환경부·국립환경연구원, 2004). 본 연구에서는 황소개구리와 함께 서식적합성 모형개발을 위한 생물종으로 청둥오리를 선정하여 서식공간의 설정방안을 수립하는데 활용하였다.

나. 개체수 변동 추이

제2차 「전국자연환경조사」(1997-2003)에 의해 기록된 황소개구리는 총 528건이며, 그 가운데 청문조사 126건, 기타 94건, 목견 및 현지조사 193건, 유생·성체·사체의 채집 또는 울음소리에 의한 기록 115건으로 나타났다. 상대적으로 신뢰성있는 조사방법인 목견 및 현지조사, 채집 등 직접조사와 울음소리 등 간접조사법에 의해 기록된 308건이 황소개구리 서식모형 개발에 사용되었다. 일반적인 인식과는 달리, 「전국자연환경조사」에 따른 황소개구리의 관찰건수는 꾸준히 증가되고 있음을 보여주고 있다. 연도별 황소개구리의 관찰 건수는 다음 <표 4-1>과 같다.¹⁵⁾

-
- 14) 청둥오리는 금강하구에서 촬영한 것으로 공주대학교 생명과학과 조삼래 교수가 제공하였으며, 두 번째 사진은 두꺼비 수컷이 동면에서 깨어나 황소개구리를 암컷으로 잘못 알고 교미하려는 장면을 국립환경연구원 생물자원과 서재화 박사가 촬영하여 제공하였다.
- 15) 「전국자연환경조사」는 우리나라의 자연생태계 전체 현황을 파악하기 위한 조사로써 특정 생물종에 대한 자료로는 한계가 있음을 알 수 있다. 즉, 황소개구리는 2002년 이후 개체수가 감소하여 환경부에 의해 감소원인을 연구 중에 있는데(심재한, 2004), 본 연구에서는 관찰건수가 오히려 증가된 것으로 나타났다. 이는 조사자의 황소개구리에 대한 동정능력의 차이, 조사대상지 및 조사 시기, 그리고 연도별 조사권역의 서식환경 차이에 따른 것으로 유추할 수 있으나, 「전국자연환경조사」의 목적이 황소개구리 조사를 위한 것이 아니라 조류, 포유류, 양서·파충류, 식물, 해조류, 대형무척추동물, 곤충류 등 생물 분류군별 개체수 변동을 전체적으로 살펴보기 위한 것이기 때문에 특정 생물종의 개체수 변동을 파악하는데 한계가 있는 것으로 판단된다. 따라서 특정 생물종에 대한 서식환경을 살펴보기 위해서는 지속적인 「전국자연환경조사」의 자료 축적과 함께 「야생동물 실태조사」 등 생물종별 조사를 활용하는 것이 필요하다.

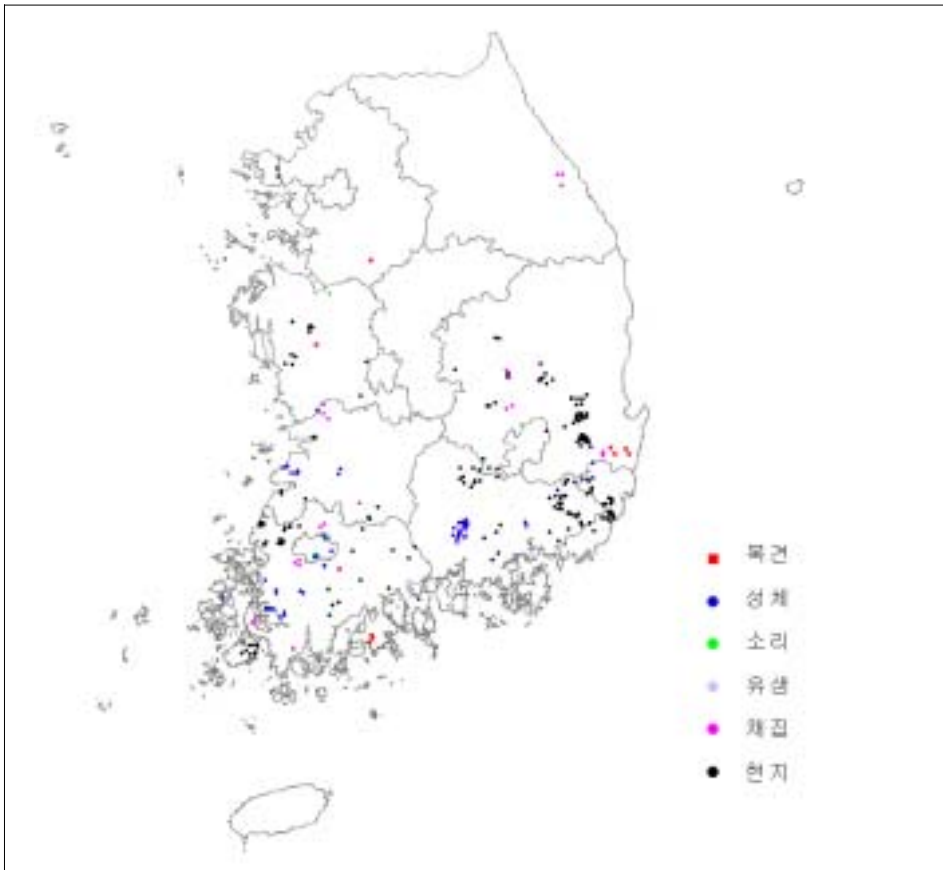
<표 4-1> 전국자연환경조사의 황소개구리 관찰건수

구분	합계	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
황소개구리 관찰건수	308	5	49	22	39	40	63	90

한편, 「겨울철 조류 동시센서스」에 의해 관찰되는 청둥오리의 관찰수는 지속적으로 감소하고 있다. 청둥오리와 같이 번식율 및 생존율이 높은 겨울철새의 경우, 개체수의 변동이 주기적으로 상승과 감소를 교차하면서 변동하게 된다. 이는 제한된 서식공간내에서 겨울철 먹이가 풍부하고 조건이 좋은 서식공간에서 도래하는 개체수가 증가하게 된다. 그러나 증가되는 개체수에 의해 먹이가 줄어들고 서식환경이 악화됨에 따라 개체수가 감소되는 현상을 반복하게 된다. 2000년과 2001년 사이에 나타난 큰 폭의 개체수 감소는 청둥오리 뿐만 아니라 가창오리, 흰뺨검둥오리, 흰죽지 등 우점종의 위치에 있는 대부분의 겨울 철새에서 동시에 나타났다. 한편, 흥미있는 것은 멸종위기에 있는 두루미, 노랑부리저어새, 흰꼬리수리 등은 2000년과 2001년 사이에 증가되었다(환경부·국립환경연구원, 2004).

<표 4-2> 겨울철 조류 동시 센서스의 청둥오리 관찰 개체수

구분	1999	2000	2001	2002	2003	2004
개체수	340,581	434,472	264,118	255,421	252,548	240,816



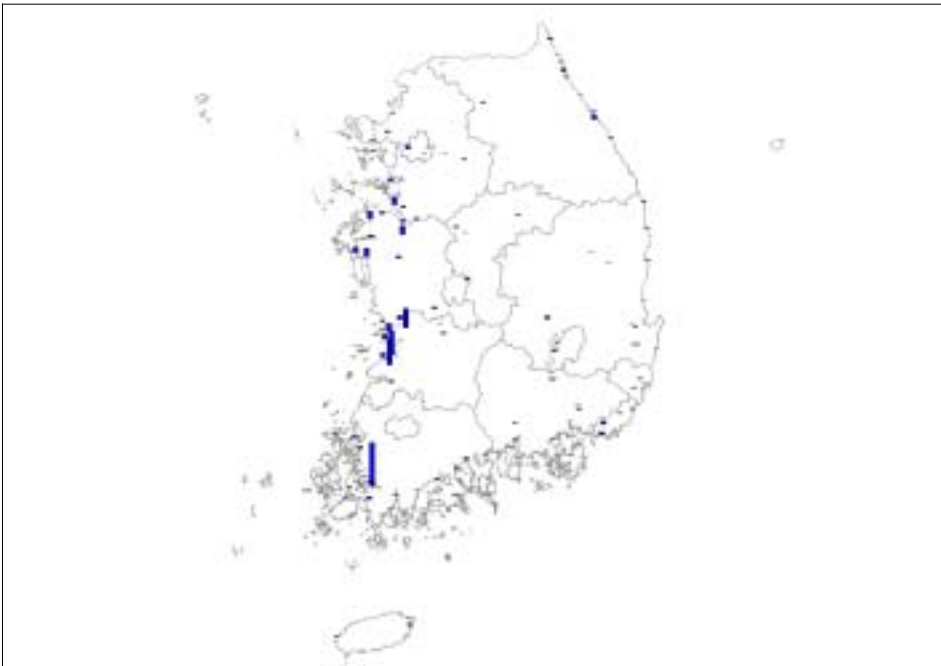
<그림 4-2> 제2차 전국자연환경조사 황소개구리 발견지점

다. 사례지역 선정

제2차 전국자연환경조사에 따르면, 황소개구리는 주로 남부지방에 분포하고 있다. 특히, 경남과 전남을 중심으로 서식하고 있으며, 발견지점이 집적되어 있는 특성을 보이고 있다. 황소개구리의 서식적합성모형은 황소개구리가 발견되는 우리나라 남부지역을 중심으로 우리나라 전체를 대상지역으로 한다. 다만, 황소개구리가 발견되지 않은 서울시, 제주도 및 울릉도는 제외된다.

2003년 겨울철 조류 동시 센서스 결과, 청둥오리가 5,000마리 이상이 도래한 지역

으로는 영산호(45,500마리), 동진강(27,770마리), 만경강(25,600마리), 금강호(20,115마리), 간월호(8,850마리), 삼교호(8,600마리), 금강하구(8,410마리), 남양만(8,074마리), 대호(7,330마리), 부남호(5,406마리)로 나타났다. 서식모형을 개발하기 위한 대상 지역으로는 10,000마리 이상의 청둥오리가 도래한 4개 조사지역으로 한정한다.



<그림 4-3> 겨울철 조류 동시 센서스 결과 청둥오리 주요 도래지

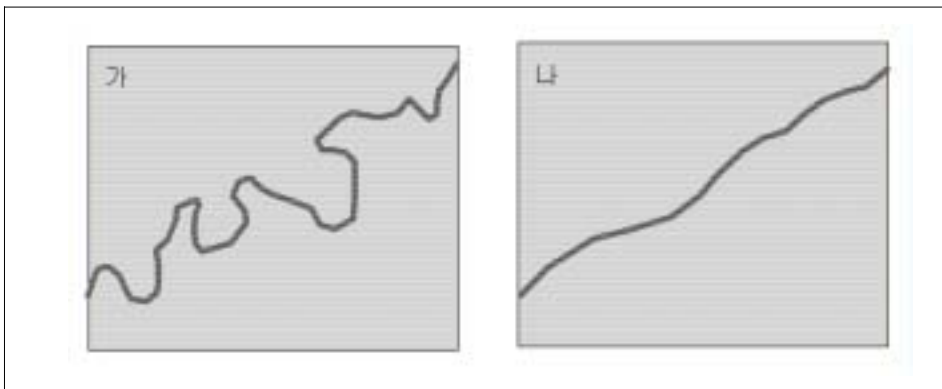
2. 서식변수와 공간자료의 활용

가. 서식변수의 선정

1) 황소개구리

황소개구리의 생활조건은 크게 먹이, 물, 쉼터, 번식, 공간구성으로 이루어진다. 주요 먹이로는 달팽이, 곤충, 물고기, 개구리, 올챙이, 파충류이며 가끔 조류와 포유류까

지 먹는 잡식성 양서류이다(Graves and Anderson. 1987). 어린 황소개구리는 해조류를 주요 먹이원으로 하며, 차축조식물(Chara)를 제외한 대부분의 식물과 동물을 먹는다. 황소개구리가 물 속의 어류나 수서곤충을 쉽게 잡기 위해서는 물의 투명도가 높아야 하며, 물 속 수생식물의 비율이 높아야 한다. 또한 충분한 유량이 확보되어야 먹이 자원이 많으므로 일정 수준 이상의 하천 수위가 유지되어야 한다. 물과 육지에 서식하는 생물을 먹이자원으로 이용하기 때문에, 하천변의 경계밀도(edge density)가 높을수록 황소개구리 서식에 유리하다(<그림 4-4>의 가). 하천에서부터 10-20m 가량 떨어진 곳이 먹이자원을 구하기 가장 좋은 장소이며, 하천변 10m내에서는 육상생물을, 그리고 30m 이상 떨어진 곳에서는 수서생물을 얻기 어렵기 때문에 서식적합성이 떨어진다.



<그림 4-4> 육상-하천 경계밀도(edge density) 차이 비교

알, 올챙이, 성체 등 황소개구리의 모든 생애단계에서 물은 꼭 필요한 구성요소이다. 우리나라와 같이 대부분의 장소에서 물을 구할 수 있는 지역에서 물은 황소개구리의 개체군을 제한하는 요소로 작용하지 않는다(심재한. 2004).

폭풍우나 인간으로부터 은신 또는 도피할 수 있는 커버자원은 황소개구리 서식환경에 있어 중요하다. 일부 학자는 정체되어 있는 연못에서 황소개구리의 개체군은 먹이자원보다는 포식관계에 의해 영향을 받는다고 주장한다(Cecil and Just. 1979).

황소개구리는 하루의 대부분을 하천변에서 보낸다(Graves and Anderson. 1987). 추위로부터 피하기 위한 동면장소로써 겨울철 커버자원은 다음 해의 황소개구리 개체수에 큰 영향을 미친다. 월동공간으로는 습지나 하천 밑의 부드러운 진흙으로써 저질성분 가운데 실트(silt)의 구성비율을 측정함으로써 서식환경을 평가할 수 있다.

황소개구리의 알은 15℃ 이하에서는 부화되지 않으며, 유생은 성장되지 않는다. 이상적인 번식환경은 잔잔하게 흐르거나 정지되어 있는 물이 있으며, 수온은 27℃ 이상인 지역이다(Howard. 1978). 수컷은 하천변으로부터 7-8미터의 거리에 세력권을 형성하며 암컷을 부른다. 따라서 번식률을 높이기 위한 서식변수로는 유속, 수온, 그리고 수 환경을 제시할 수 있다.

만일 모든 서식자원이 가까운 거리에 위치하고 있으면, 그곳은 황소개구리에게 최적의 서식공간이 될 것이다. 일반적으로 먹이자원, 겨울철 동면장소, 번식 등은 연못을 중심으로 이루어지기 때문에, 연못의 존재여부에 따라 황소개구리의 서식요구조건 가운데 공간구성 측면을 평가할 수 있다. 공간구성(interspersion)은 경관생태학에서 야생 동·식물의 서식환경을 평가하는 중요한 개념이다.

<표 4-3> 황소개구리의 생활조건별 서식변수

생활조건	서식변수	비고
먹이	수심 > 1.5m 하천까지의 거리	
	물가(littoral zone) 수생식물의 canopy cover	
	하천-육상(하천변) 경계밀도	
	물의 투명도	
물	-	제한요인이 아님
커버	얼음두께와 수심의 비교	월동 커버
	실트의 구성비율	
번식	여름철 하천중심부에서의 유속(cm/s)	
	수소이온농도 (pH)	수질환경 측정
	여름철 하천중심부에서의 수온(℃)	
	여울과 소의 빈도	
공간구성	항상 존재하는 물(예, 호수)로부터 거리	

2) 청둥오리

청둥오리는 텃새도 일부 있지만, 우리나라의 대표적 겨울철새이다. 본 연구에서는 겨울철 서식공간으로써 청둥오리의 생활조건과 서식변수를 살펴보았다. 겨울철 생활조건으로는 먹이, 커버, 물, 공간구성이 있으며, 번식과 같은 여름철 생활조건은 연구 범위에 포함하지 않는다. 청둥오리와 같은 겨울 철새는 주로 먹이를 획득하기 위해 번식공간을 떠나 월동공간으로 이동하기 때문에, 여러 가지 생활조건 가운데 먹이 자원을 가장 중요하게 고려해야 한다.

겨울철 먹이구성은 주변지역의 특성에 따라 달라진다. 즉, 주변지역이 농경지역일 경우와 습지일 경우는 다른 형태의 먹이구성을 보여준다. 습지에 있어서도 수목이 울창한 산림습지와 관목이나 초본식물로 구성된 초원습지에서 다른 형태의 먹이구성을 나타낸다. 청둥오리는 겨울철에 무척추동물, 습지식물의 씨앗이나 잔뿌리, 곡물 낱알 등 여러 가지 먹이자원을 이용할 수 있지만, 몇 가지 자연 상태의 먹이자원만이 청둥오리가 필요로 하는 영양분을 공급할 수 있고, 대부분의 먹이는 다른 먹이와 함께 섭취해야 균형잡힌 영양상태를 유지할 수 있다(Heitmeyer, 1985).

주변 지역이 농경지인 경우, 쌀·밀·옥수수과 같은 곡물 낱알은 청둥오리의 중요한 에너지 공급원이지만, 습지식물이나 저서성 대형무척추동물과 같은 자연 상태의 먹이자원에 비해 균형잡힌 영양분을 제공하지 못한다. 이에 따라, 곡물 낱알만으로는 청둥오리의 겨울철 먹이로서 충분하지 못하고, 자연 상태의 먹이자원과 함께 사용되어야 한다. 대형 무척추동물 및 습지식물은 주기적인 범람에 의해 크게 증가되기 때문에, 미국 어류및야생동물청에서는 범람회수 및 강도를 서식변수로 권고하고 있다(Allen, 1986). 우리나라는 겨울철에 강우량이 적으며, 미시시피강과 같은 초대형 하천이 없기 때문에 범람회수 및 강도보다는 생태계의 흐름을 단절하지 않는 자연형 해안선의 비율이 대형무척추동물의 서식밀도에 더욱 영향을 미친다(남정호, 2004).

습지의 경우, 산림으로 이루어진 습지에서는 수목의 종류가 중요하고, 초원으로 이루어진 습지에서는 초본식물이나 습생식물의 구성비율이 먹이자원으로 고려되어야 한다. 특히, 이들 식물의 종류 및 밀도가 대형무척추동물의 서식과 어떤 관련이 있는

지 밝혀내는 것이 필요하다. 쓰러진 나무나 낙엽층에서 대형무척추동물의 출현빈도가 높게 나타나기 때문에 수변 버드나무림을 서식변수로 채택한다.

우리나라 서해안과 같이 농경지가 많은 지역에서는 겨울철의 농작물 관리방법이 겨울철 먹이자원에 영향을 미친다. 서식환경을 평가하기 위해 직접 현지조사를 실시하여 쌀·콩·옥수수 등 낱알의 구성비율을 측정하는 것은 상당히 많은 시간과 비용이 필요하고 측정오차도 크다. 이에 따라, 현지조사보다는 지방자치단체의 협조를 통한 자료수집을 통해 월동기의 관리방법을 알아낸다. 청둥오리의 서식을 위한 최적 조건은 겨울동안 수확하지 않고 남아 있는 농경지가 5% 이상인 지역이다. 가을에 수확하였지만 이듬해 봄에 갈아엎은 지역은 겨울철에 먹이로 이용되기 때문에 적당한 서식적합성을 유지하고 있으며, 가을에 수확하고 가을에 갈아엎은 지역은 남아있는 농작물이 땅이 묻히기 때문에 전혀 적합하지 않다.

물은 청둥오리의 서식공간 자체로써 대상지역에서의 개방수면 비율이 높을수록 청둥오리의 개체수는 증가한다. 물의 특성에 따라서도 서식환경은 영향을 받는데, 호소나 하구역과 같이 유속이 낮은 지역에서 높은 개체수를 보인다.

커버자원에 대한 서식관련 연구는 매우 미흡한 형편이며, 더욱이 겨울 철새의 생활 조건에 있어 먹이자원이 가장 중요하기 때문에 본 장에서는 공간구성을 중심으로 설명하고자 한다. 공간구성은 서식공간 구성지수로 나타낼 수 있다. 서식공간 구성지수는 토지피복 가운데 청둥오리의 서식과 관련된 농경지, 초원습지, 산림습지의 최소 구성비율을 규정하고 있다. 청둥오리는 매일 잠자리와 먹이자원을 얻는 곳까지 대략 1.6~8km를 이동한다. 잠자리에서 채이장소를 찾아서 이동하는 거리는 지금까지 최대 20km까지 기록되어 있다(Jorde et al. 1983).

<표 4-4> 청둥오리의 생활조건별 서식변수

생활조건	서식변수	비고
먹이 (겨울철)	곡물의 종류	농경지역
	동절기 곡물관리방법	
	자연형 해안선 길이	
	수목의 canopy cover	산림습지
	흉고반경 $\geq 25\text{cm}$ 버드나무림의 구성비율	
	서식유형별 버드나무 개체수	
	자연형 해안선 길이	초원습지
	초본식물의 canopy cover	
	우점종인 수생 식생	
	토양의 수분함량	
	자연형 해안선 길이	
물	개방 수면의 비율	
	물의 특성 (유속, 수심 등)	
커버	-	자료부족
공간구성	서식공간 구성지수	

다른 대부분의 서식모형과 마찬가지로, 청둥오리의 겨울철 서식모형 역시 짧은 시간에 다양한 서식공간을 접할 수 있을 때 생존율을 높일 수 있다. 따라서 일정한 거리 범위안에서 접근할 수 있는 서식공간의 종류 및 빈도를 나타내기 위한 ‘서식공간 구성지수’를 서식변수로 적용한다(<표44> 참조). 서식공간 구성지수는 청둥오리가 최소의 에너지 소비를 통해 농경지, 산림습지, 초원습지, 호소, 하천습지 등 채식지, 잠자리, 은신처 등에 얼마나 짧은 시간내 접근할 수 있는 가를 나타낸 값이다.

<표 4-5> 서식공간 구성지수 및 실제 계산사례

서식유형	권장 최소면적비율	최적 서식공간구성지수	실제 구성비율	실제 서식공간구성지수
농경지	≥ 10%	0.17	90%	0.17
산림습지	≥ 40%	0.67	5%	0.08
초원습지, 하천습지	≥ 10%	0.16	5%	0.08
합 계	60%	1.00	100%	0.33

서식공간 구성지수에서 최적 서식공간구성지수는 권장최소면적을 합계로 나눈 값이다. 즉, 농경지는 10/60에 의해 0.17로 계산된다. 만일, 어떤 대상지역의 토지이용에 있어 농경지, 산림습지, 초원습지가 각각 10%, 40%, 10% 이상일 경우에는 최적 서식공간구성지수의 합계가 1.00이 되어 최적의 서식조건을 나타낸다. 위 <표4-5>에서 실제 구성비율이 90%, 5%, 5%로 구성되어 있는 경우, 농경지는 10%이상이기 때문에 최적 서식공간구성지수인 0.17이 부여된다. 반면, 산림습지는 권장 최소면적비율인 40%보다 훨씬 낮은 5%이기 때문에 $(0.67 \times 5\%) / 40\%$ 에 의해 0.08의 값을 얻게 되었다. 이와 같은 방법으로 초원습지에 대해서도 실제 서식공간구성지수를 구할 수 있으며, 이들 값을 합한 결과 0.33의 서식적합성을 나타낸다.

나. 공간자료 구축현황

야생 동·식물 서식공간과 관련된 공간자료 구축현황을 살펴봄으로써, 야생 동·식물의 서식모형을 개발하는데 있어 어떤 지리정보를 활용할 수 있으며 어떤 한계점이 있는지 알아볼 수 있다. 야생 동·식물의 서식공간과 관련된 자료는 크게 4 가지 유형으로 나눌 수 있는데, 먼저 수치지형도를 포함한 기초 자료, 둘째 야생 동·식물의 개체군에 대한 자료, 셋째 기후·토양·지형과 같은 물리적 환경에 대한 자료, 그리고 마지막으로 개발사업이나 도로건설 등 인간교란 관련 자료로 구분할 수 있다.

<표 4-6> 야생동·식물 서식모형 관련 지리정보 유형분류

구분	GIS 자료명	제작기관	구축 지역	비고
기초자료	국토통계지도	국립지리원	전국	
	수치지형도	국립지리원	전국	
	행정구역도	통계청	전국	행정동 기준
개체군 자료	겨울철조류동시센서스	국립환경연구원	전국	118개 조사지점
	야생동물실태조사	국립환경연구원	전국	GIS-DB 미구축
	전국자연환경조사	국립환경연구원	전국	동식물분포도
환경 자료	경지정리현황도	농업기반공사	전국	
	국토환경성평가지도	환경부	중부권	
	기상자료	기상청	전국	기상관측소
	농지이용현황도	농업기반공사	전국	
	수치표고자료	국립지리원	전국	공개제한
	수치표고모델	환경부	전국	30m 해상도
	수치지질도	한국지질자원연구원	전국	
	수문지질도	한국수자원공사	전국	
	환경측정망	환경부	전국	수질, 대기, 토양, 지하수, 소음
	수문자료	한국수자원공사	전국	
	수위측정자료	홍수통제소	하천	
	수위측정자료	한국수자원공사	하천	
	임상도	국립산림과학원	전국	
	정밀녹지자연도	환경부	전국	
	토양도	농업과학기술원	전국	
	토지피복지도	환경부	전국	대분류, 중분류
	하천구역도	한국수자원공사	하천	
	하천도	한국수자원공사	하천	
	현존식생도	환경부	전국	
	항공사진	시·군, 산림청 등	전국	
	위성영상	한국전자통신연구원	전국	LANDSAT, 아리랑 1호 등
교란요소 자료	국가교통DB	교통개발연구원	전국	도로, 철도, 터미널 등
	국토이용계획도	건설교통부	전국	
	임도망도	국립산림과학원	전국	임도 현황
	토지이용현황도	건설교통부	전국	
	토지특성도	국립지리원	전국	

다. 공간자료 활용

황소개구리와 청둥오리에 대한 서식모형을 설정하기 위해 필요한 서식변수 및 서식변수를 공간정보로 표현하기 위한 지리정보 구축현황을 살펴보았다. 우리나라 국토 전체를 대상으로 서식모형을 개발하는 경우, 자료의 일반화가 진행되어 서식모형에서 사용하는 미세한 차이를 밝히지 못하는 한계가 있다. 또한 생물종에 따라 특정 환경요인에 관련된 서식변수가 늘어날 수 있다. 본 연구에서 사례 생물종으로 선정한 황소개구리 및 청둥오리의 서식변수와 지리정보의 구축현황을 비교해 보면 다음과 같다.

<표 4-7> 황소개구리의 서식변수 및 관련 지리정보 활용

서식변수	관련 지리정보	비고
수심 > 1.5m 하천까지의 거리	수위측정자료	
물가 수생식물의 canopy cover		현지조사 필요
하천-육상(하천변) 경계밀도	수치지형도	
물의 투명도	환경부 측정망자료	전기전도도
얼음두께와 수심의 비교		현지조사 필요
실트의 구성비율	정밀토양도	
여름철 하천중심부에서의 유속(cm/s)	수문자료	
수소이온농도 (pH)	환경측정망 자료	환경부 수질측정망
여름철 하천중심부에서의 수온(℃)	환경측정망 자료	환경부 수질측정망
여울과 소의 빈도		현지조사 필요
항상 존재하는 물(예, 호수)로부터 거리	하천도	

서식변수를 이용하여 황소개구리의 서식적합도를 계산할 경우, 대상지역의 크기 및 관련 지리정보의 구축정도를 검토해 보아야 한다. 앞서 기술한 바와 같이 본 연구에서의 황소개구리의 사례지역은 전국에 걸쳐 서식모형을 적용하며, 황소개구리의 활동영역은 발견지점으로부터 반경 1km의 원형지역으로 한다. 현재의 국내 여건에

서 광역적 서식모형을 구축할 경우 1/25,000~1/50,000 축척의 지도를 활용하는 것이 바람직하며, 위성영상이나 토지피복과 같은 래스터 자료는 30m 해상도가 적합하다.

서식변수에 따라 지리정보 DB가 구축되지 않은 경우도 있을 수 있으며, 어떤 서식 변수는 서로 다른 기관에서 동일한 자료를 수집할 경우도 있다. 예를 들어, 하천의 수위 및 우량과 관련된 자료는 한국수자원공사, 농업기반공사, 농지개량조합, 기상청 및 건설교통부 등에서 수집한다. 한편, 물가 수생식물에 대한 캐노피 커버 (canopy cover), 가장 추운 날 형성된 얼음의 두께, 수생태계의 군집구성 그리고 여울과 소의 빈도 등은 직접 현지조사에 의존해야 한다.

<표 4-8> 청동오리의 서식변수 및 관련 지리정보 활용

구분	서식변수	관련 지리정보	비고
겨울철 먹이 자원	곡물의 종류	행정구역, 통계연보	농업통계 이용
	동절기 곡물관리방법	행정구역, 통계연보	농업통계 이용
	자연형 해안선 길이	수치지형도	
	수목의 canopy cover		현지조사
	흉고반경 $\geq 25\text{cm}$ 버드나무림의 구성비율	임상도, 현존식생도	
	서식유형별 버드나무 개체수	현존식생도	현지조사 병행
	초본식물의 canopy cover		현지조사
	우점종인 수생 식생		현지조사
	토양의 수분함량	토양도	
물 자원	개방수면의 구성비율	토지피복도	
	유속	수문자료	수자원공사
서식공간구성 지수	농경지의 구성비율	토지피복도	
	초원습지의 구성비율	토지피복도	
	산림습지의 구성비율	토지피복도	

청동오리에 대한 겨울철 서식모형 개발에 사용되는 서식변수 가운데 곡물의 종류, 그리고 동절기 곡물관리방법은 통계청에서 발행되는 행정구역도와 각 시·군·구 통계연보의 자료를 이용하여 구축할 수 있다. 또한, 농업기반공사에서 제작하는 농지이

용현황도를 이용하여 휴경지, 과수원, 시설농업 등을 식별할 수 있다. 큰 영향을 받게 됨으로써 국가규모에서의 를 살펴보았으며, 서식적합도를 측정하기 위해 서식변수를 지표면에 나타낼 수 있는 지리정보 구축현황을 비교해 본다. 자연형 해안선의 길이는 수치지형도에 의해 판독될 수 있으나, 좀 더 정밀한 자료를 위해서는 고해상도 위성영상 및 해양수산부의 연안정보시스템을 기반으로 영상처리전문가에 의해 자연형 해안선을 구축할 수 있다. 버드나무의 밀도 및 버드나무림에 대한 구성비율은 환경부에서 제작한 현존식생도와 국립산림과학원에서 생산하는 임상도를 혼용하여 사용한다. 특히, 수령을 파악하는데 있어 임상도의 영급 및 경급은 매우 유용한 자료이다. 토양의 수분함량은 농촌진흥청의 농업과학기술원에서 제작하는 토양도를 이용하거나, 환경부의 토양측정망을 이용하여 연구 대상지역의 토양 수분함량을 도면화한다. 서식공간 구성지수는 토지피복도에 따라 계산한 농경지, 습지 등의 비율을 계산함으로써 구할 수 있다. 한편, 초본식물 및 수목의 캐노피 커버, 그리고 수생식물 가운데 최우점종을 알아내는 것은 현지조사에 의한다. 만약, 시간과 비용의 여유가 있을 때는 비록 지리정보가 구축되어 있을 지라도 현지조사와 지리정보를 함께 이용함으로써 현지조사의 정확도를 높이고 서식모형의 신뢰성을 향상시킬 수 있다.

3. 서식모형의 구축

가. 황소개구리의 서식적합성모형 구축

1) 지리적 범위

황소개구리가 발견된 우리나라 전체지역을 서식 모형의 지리적 범위로 한다.

2) 계절

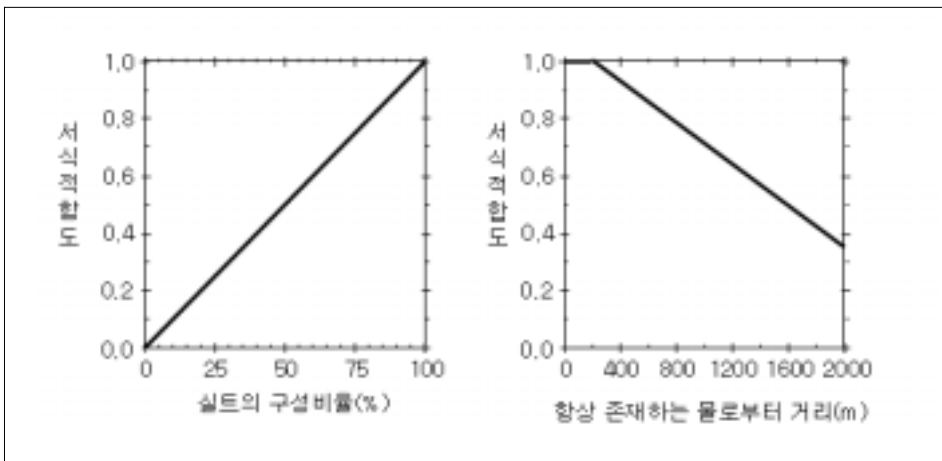
서식모형에 대한 적용 시기는 봄, 여름, 가을, 겨울 4계절 전체를 대상으로 한다. 따라서 번식기 및 월동기를 모두 포함하며 황소개구리의 생애주기 전체를 대상으로 한다.

3) 최소 서식면적

어느 정도 크기가 최소한의 서식을 위한 규모인지에 대한 구체적인 조사·연구가 이루어지지 않았다. 황소개구리의 원산지인 미국 중부지역의 경우, 직경 1.5m 크기의 연못에서 서식하는 것으로 밝혀졌다. 반면, 직경 20m 이상되는 습지에서는 황소개구리 및 올챙이 등이 발견되지 않았다(Graves and Anderson, 1987).

4) 서식적합도곡선

서식적합도곡선은 미국 어류및야생동물청에서 제시하고 있는 지침에 따라 작성하였다. 현지조사가 필요가 3가지 변수를 제외한 하천까지의 거리, 하천변 경계밀도, 수온 등 8개의 서식변수를 서식적합성모형에 이용하였다(<표 4-7> 참조). 8개의 서식변수 가운데 실트의 구성비율과 항상 존재하는 물로부터 거리에 대한 서식변수의 서식적합도 곡선을 나타내면 다음 <그림 4-5>와 같다. 나머지 6개의 변수에 대한 서식적합도 지수는 Graves and Anderson(1987)에 설명되어 있다.



<그림 4-5> 황소개구리의 서식적합도 곡선

5) 생활조건별 서식적합도¹⁶⁾

먹이에 대한 4가지 서식변수 가운데 현지조사가 필요한 물가 수생식물의 canopy cover를 제외한 수심 >1.5m 하천까지의 거리, 하천변 경계밀도, 그리고 물의 투명도에 대한 서식적합도 점수를 계산한 후, 다음과 같은 식에 의해 먹이자원에 대한 서식적합도를 계산한다.

$$SIF = (SIV1+SIV2+SIV3)/3$$

위에서 SIF(suitability index for food component)는 먹이자원에 대한 서식적합도이고, SIV1은 첫 번째 서식변수 (수심 >1.5m 하천까지의 거리)에 대한 서식적합도, SIV2는 두 번째 서식변수(하천변 경계밀도)에 대한 서식적합도, 그리고 SIV3는 세 번째 서식변수(물의 투명도)에 대한 서식적합도이다.

월동커버자원을 나타내는 2가지 서식변수 가운데 얼음두께와 수심과의 비교는 현지조사가 필요하기 때문에 제외하고, 실트의 구성비율만을 계산하여 겨울철 커버자원에 대한 서식적합도(SIWC, suitability index for winter cover)로 사용한다.

번식에 영향을 미치는 4개의 서식변수 가운데 현지조사가 필요한 여울과 소의 빈도는 제외하고 나머지 3개의 변수에 대한 서식적합도를 이용하여 번식에 대한 서식적합도(SIR, suitability index for reproduction component)를 계산한다. 아래 식에서 SIV4은 유속에 대한 서식적합도이고, SIV5은 수소이온농도에 따른 서식적합도, 그리고 SIV6은 여름철 하천중심부에서의 수온에 따른 서식적합도를 의미한다.

$$SIR = (SIV4 \times SIV5 \times SIV6)^{1/3}$$

마지막으로 공간구성(interspersion)에 대한 서식적합도(SII, suitability index for interspersion)는 호수와 같이 항상 존재하는 물로부터의 거리에 따른 서식적합도를

16) 우리나라에서 황소개구리의 서식환경에 대한 모형 개발이 이루어진 경우가 없어 미국 어류및야생동물청에서 개발한 황소개구리 서식적합성모형 (Graves and Anderson, 1985)을 기반으로 우리나라 여건에 맞게 수정하였다.

이용하여 계산한다.

위와 같이 먹이, 겨울철 커버, 번식, 공간구성에 대해 계산한 서식적합도를 토대로 황소개구리에 대한 전체적인 서식적합도(HSI, habitat suitability index)를 다음 식에 의해 계산한다.

$$HSI = (SIF \times SIWC \times SIR)^{1/3} \times SII$$

나. 청둥오리의 서식적합성모형 구축

1) 지리적 범위

청둥오리의 주요 관찰지점인 금강호, 영산호, 동진강, 만경강 하구를 포함하는 서해안 연안지역을 지리적 범위로 한다.

2) 계절

겨울철 서식공간에 대한 모형이기 때문에 겨울철로 한정한다. 여기서 겨울철이란 함은 청둥오리가 도래하는 11월초부터 2월말까지 약 4개월을 지칭한다.

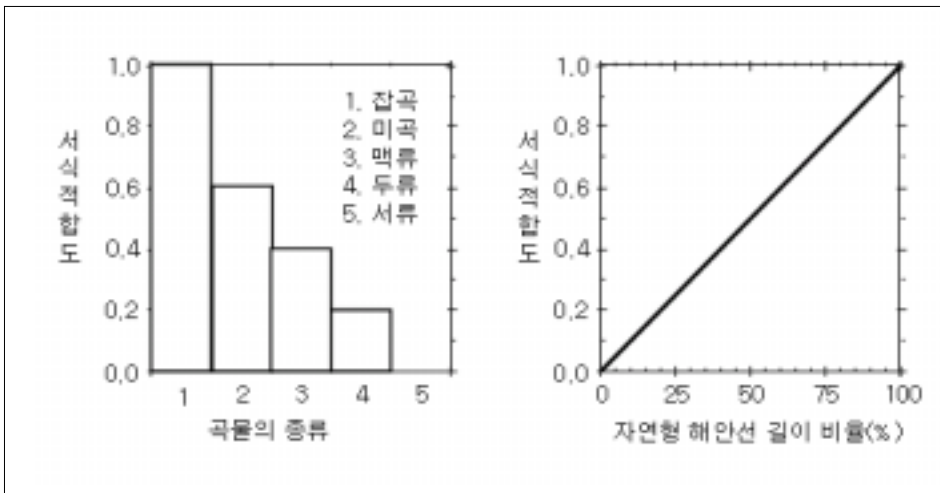
3) 최소 서식면적

황소개구리와 마찬가지로 청둥오리에 대해서도 최소 서식면적에 대한 조사연구가 부족하다. 일반적으로 양질의 겨울철 먹이와 채이 활동이 가능하면 서식 공간의 크기에 관계없이 청둥오리가 이용하는 것으로 나타났다. 다만, 서식 공간의 크기가 작으면 머무르는 시간이 짧다.

4) 서식적합도 곡선

겨울철 청둥오리의 먹이자원과 관련된 9개의 서식변수 가운데 현지조사가 필요한 3개는 제외하고 6개의 변수를 사용하여 겨울철 먹이에 대한 서식적합도를 계산한다(<표 4-8> 참조). 물에 대한 서식적합도는 개방수면의 구성비율과 유속으로 구성되

며, 공간구성에 대한 서식적합도는 농경지, 초원습지 및 산림습지로 구성된 3개의 서식변수를 이용하여 <표 4-5>에 따라 서식적합도를 계산한다. 겨울철 먹이자원에 대한 6개의 서식변수 가운데 곡물의 종류 및 자연형 해안선 길이에 대한 서식적합도 곡선을 나타내면 다음 <그림 4-6>과 같다. 곡물은 시군구 통계연보의 농업관련통계를 참고하여, 미곡(벼), 맥류(보리, 밀), 잡곡(옥수수, 조, 수수 등), 두류(콩, 팥)를 포함하고 감자나 고구마와 같은 서류는 제외한다. 나머지 4개의 서식변수에 대한 서식적합도 지수는 미국 어류및야생동물청에서 사용하고 있는 지침에 따라 계산하였는데, 이에 대한 내용은 Allen(1986)에 자세히 설명되었다.



<그림 4-6> 청둥오리의 서식적합도 곡선

5) 생활조건별 서식적합도¹⁷⁾

농경지역에서의 먹이자원에 대한 서식적합도(SICF, suitability index for cropland food)는 3개의 서식변수(<표 4-4> 참조)에 의해 설명된다. 대상지역에 재배되는 곡물 종류, 겨울철의 경작지 관리방법, 그리고 자연형 해안선의 비율이 농경지역에서의 서

17) 청둥오리의 생활조건별 서식적합도는 미국 어류및야생동물청에서 개발한 서식적합성모형(Allen, 1986)을 토대로 우리나라 서해안의 지역특성을 반영하여 재구성하였다.

식적합도 계산에 사용된다. 여기서, SIV1은 곡물종류에 대한 서식적합도이고, SIV2는 겨울철 경작지 관리방법이며, SIV3는 자연형 해안선 비율을 의미한다.

$$\text{SICF} = \text{SIV1} \times \text{SIV2} \times \text{SIV3}$$

청둥오리가 산림습지에서 겨울철 먹이자원을 획득하는데 영향을 미치는 서식변수로는 현지조사에 의해 측정해야 하는 수목(樹木)의 canopy cover를 비롯한 4개로 이루어진다(<표 44> 참조). 버드나무림의 구성비율이나 개체수 등은 임상도 및 현존식생도를 활용하여 계산하고, 자연형 해안선 비율은 앞서 농경지역에서 측정한 값을 사용한다. 사용가능한 3가지 서식변수를 사용하여 산림습지에서의 먹이자원에 대한 서식적합도(SIFW, suitability index for forested wetlands)를 다음 식에 의해 계산한다.

$$\text{SIFW} = (\text{SIV4} \times \text{SIV5})^{1/2} \times \text{SIV3}$$

여기서, SIV4는 흉고반경 $\geq 25\text{cm}$ 버드나무림의 구성비율에 대한 서식적합도이고, SIV5는 서식유형별 버드나무 개체수에 대한 서식적합도이며, SIV3는 자연형 해안선 비율에 대한 서식적합도이다.

초원습지, 하천습지, 호소습지와 같은 비산림습지에 대한 서식적합도(SINFW, suitability index for nonforested wetland)는 토양의 수분함량 등 4개의 서식변수에 의해 계산된다. 4개의 서식변수 가운데 초본식물의 canopy cover 및 우점종인 수생 식물군락은 현지조사를 통해 얻을 수 있으며, 나머지 2개의 서식변수 즉 토양의 수분함량과 자연형 해안선의 비율은 다음 식에 의해 계산된다. 아래 식에서 SIV6은 토양의 수분함량에 대한 서식적합도를 의미하며, SIV3는 자연형 해안선 비율에 대한 서식적합도를 나타낸다.

$$\text{SINFW} = \text{SIV6} \times \text{SIV3}$$

물에 대한 서식적합도(SIW, suitability index for water resources)는 토지피복도를 이용하여 계산한 연구대상지에서의 개방수면 구성비율과 수자원공사에서 측정하는 수문자료를 이용한 유속자료를 활용하여 다음 식에 의해 계산한다. 여기서 SIV7은 개방수면의 구성비율에 대한 서식적합도를 나타내고, SIV8은 유속에 따른 서식적합도를 의미한다.

$$SIW = SIV7 \times SIV8$$

공간구성에 대한 서식적합도(SII, suitability index for interspersions)는 <표 4-5>의 실제 서식공간구성지수와 같은 값으로 앞 절에서 상세히 설명하였다. 지금까지 청둥오리에게 중요한 3 가지 서식유형(경작지, 산림습지, 비산림습지)에 대한 겨울철 먹이 자원 및 공간구성에 대한 서식적합도를 계산하였다.

청둥오리에 대한 서식적합도 지수를 계산하기 위해, 먼저 겨울철 먹이자원에 대한 서식적합도지수를 통합한다. 대상지역에 분포되어 있는 농경지, 산림습지 및 초원습지의 구성비율을 이용하여 먹이자원에 대한 서식적합도(SIF, suitability index for food)를 다음과 같이 계산한다.

$$SIF = (SICF \times \%C) + (SIFW \times \%FW) + (SINFW \times \%NFW)$$

여기서, %C는 대상지역에서의 농경지 비율이며, %FW는 산림습지, 그리고 %NFW는 비산림습지의 구성비율을 나타낸다. 겨울철 먹이자원에 대한 서식적합도를 계산한 후, 공간구성에 의한 서식적합도를 고려하여 청둥오리에 대한 서식적합도(HSI)를 계산한다.

$$HSI = SIF \times SIW \times SII$$

제5장 생물서식공간 설정방안 제시

독일, 일본, 영국, 미국 등 외국에서는 야생 생물이 서식하고 이동하는 생물서식공간의 조성 및 네트워크화에 관한 각종 지침과 법규 등의 제도적인 지원을 통해 생물 다양성을 유지·증진하고 멸종위기에 처한 야생 생물의 지속가능한 개체군을 확보하기 위한 다양한 노력을 보여주고 있다. 이에 비해, 우리나라는 생물서식공간의 보호 및 훼손된 자연생태계의 복원을 위해 필요한 국토의 자연생태계에 대한 조사가 최근 에야 마무리된 상태이다. 포유류, 조류, 양서류, 파충류, 식물, 곤충류를 중심으로 한 야생 생물에 대한 「전국자연환경조사」가 2003년에 완료되었으며, ‘자연환경보전법’에 의거하여 2005년 2월 조사 결과를 전산화한 ‘생태·자연도’를 제작하여 배포할 계획이다.

본 장에서는 외국의 생물 서식공간 설정에 사용된 각종 서식모형 및 접근방법을 비교 평가하고, 4장에서 적용한 사례 구축을 토대로 우리나라의 야생 동·식물 및 물리적 환경요소(지형·토양·식생·기후·수계·토지피복·도로망 등)의 자료 가용성을 검토하여 우리나라에 적합한 생물 서식공간 설정방안을 제시하고자 한다. 특히, 서식모형의 설정절차 및 개발된 서식모형의 평가·활용방안을 중심으로 서술한다.

1. 서식모형의 설정방법 및 비교평가

가. 서식모형 및 접근방법¹⁸⁾

야생생물에 대한 서식모형은 적용 대상에 따라 단일 종에 대한 서식모형과 생물군집에 대한 서식모형으로 구분할 수 있다. 단일 생물종에 대한 서식모형으로 야생동물-서식공간 관련모형 (wildlife-habitat relation model), GAP 모형, 서식적합성모형 (habitat suitability index model, HSI model) 등이 있고, 생물군집에 대한 서식모형으

18) 국립산림과학원 산림생태과 박찬열 박사와의 개인면담 및 원고(박찬열, 2004)를 토대로 정리하였다.

로 비오톱(Biotop) 제작 및 평가가 대표적이다.

야생동물-서식공간 관련모형은 해당 생물종과 관련된 지형·토양·기후 등 환경변수와 식생군락을 목록화하여 표로 나타낸다. 이를 위해 관련문헌과 전문가 의견을 수렴하여 생물종별 데이터베이스를 구축한다(Verner et al. 1986, Morrison et al. 1992). 야생동물-서식공간 관련모형을 변형한 서식적합성모형은 생물종과 서식변수와의 관계를 그래프 형태로 나타내며, 주어진 서식공간을 유지시킬 수 있는 생물종의 개체수를 제시한다. 현지 조사, 전문가 의견수렴, 관련문헌 검토 및 기존의 서식적합성모형에 대한 수정·보완을 통해 서식적합성모형을 개발한다. GAP모형은 식생군락 및 야생동물의 출현 빈도수를 비교하여, 광역적인 생물 분포도를 제작하며 특히 고고학적 자료 수집을 통해 과거의 생물 분포를 파악한다. 비오톱은 다양한 생물 종의 보호 및 생물다양성의 증진을 위한 생물군집의 서식공간 설정 모형으로써 도시지역을 중심으로 구축되고 있다. 비오톱에 대한 유형화 및 도면화에 따른 평가를 위해 해당 지역의 전문가 참여가 필요하며, 지속적인 피드백 과정을 통해 주기적으로 비오톱 지도를 갱신한다. 따라서 서식적합성모형을 중심으로 한 단일종에 대한 서식모형은 농경지 및 산림지와 같은 자연지역에 적용하고, 생물군집에 대한 서식모형은 도시지역에 대해 우선적으로 적용한다.

<표 5-1> 서식모형 및 모형개발을 위한 접근방법

구 분		설 명
서식모형	단일종	야생동물-서식공간모형, 서식적합성모형, GAP모형
	생물군집	비오톱
접근방법	개념위주	델파이, 문헌조사, 전문가참여
	실증위주	다변량 통계분석, 현지조사, 위성영상 및 지리정보활용

서식적합성모형이나 비오톱 등 서식모형을 작성하기 위한 방법은 개념 위주의 접

근방법(conceptual approach)과 실증분석 위주의 접근방법(empirical approach)으로 나눌 수 있다. 델파이 (Delphi, 전문가 설문조사), 전문가 참여, 문헌조사 등이 개념 위주의 접근방법에 포함되고, 센서스자료를 이용한 다변량 통계분석, 현지조사, 위성 영상이나 지리정보를 활용한 서식모형의 설정 등이 실증자료에 의한 접근방법이다.

델파이, 전문가 참여 및 문헌조사법은 해당 생물종이나 생물군집에 대한 서식여건에 대한 현지조사 자료가 없거나 시간이나 비용측면에서 조사하기 어려운 상황에 적용할 수 있는 방법이다. 델파이 방법론은 해당 분야의 전문 인력이 15-20명 가량 확보된 경우에 활용할 수 있으며, 만약 해당 지역이나 생물종에 대한 전문인력이 충분치 않을 경우, 전문가 참여에 의한 서식모형 설정방법을 적용할 수 있다. 전문가 참여에 의한 서식공간 설정방법은 보전생물학, 동물행동학, 야생동물관리학, 경관생태학, 환경계획학 등으로 구성된 3-5명의 전문가 집단을 구성하여, 지역주민이나 수렵인, 토지소유자 및 관리자, 그리고 야생생물 관련 공무원 등의 의견을 수렴하면서 전문가의 지식을 활용하여 서식모형을 직접 개발하는 방법이다(Crance. 1987).

문헌조사법은 생태학회지, 환경생태학회지, 동물학회지 등 학술지 및 외국 문헌을 참조하여 개발하고자 하는 해당 생물종 또는 생물군집에 대한 생태학적 특성을 정리한다. 미국 어류및야생동물청에서 제작·보급하고 있는 160여종의 어류 및 육상 척추동물에 대한 HSI 모형은 대부분 문헌조사 및 전문가 참여를 통해 개발되었다(U.S. Fish and Wildlife Service. 1980b). 또한, 과거 문헌자료를 수집하거나 고고학적 발굴 유적, 옛날 사진이나 고지도 등을 이용하여 과거의 지형 및 생물상을 밝혀내는 등 서식공간 설정을 위한 원형생태계를 파악한다.

해당 생물종이나 생물군집에 대한 센서스자료가 있을 경우, 로지스틱 회귀분석이나 판별분석과 같은 다변량 통계분석법에 의해 서식모형을 설정할 수 있다. 자료의 신뢰성이 떨어질 경우, 야생 생물의 개체수를 활용하기 보다는 발견 여부(출현/미출현)만을 나타내는 형식으로 변경하여 사용한다. 서식모형에 대한 통계분석을 적용하기 위해서는 야생 동·식물에 대한 센서스 자료와 함께 물리적 환경요소에 대한 자료가 필요하다. 한편, 충분한 시간 및 예산이 확보된 경우, 가능한 계절별 조사를 통해 야생 생물의 계절별 서식조건을 파악해야 한다. 조사 인원수, 조사전 준비사항, 조사

기간, 우천시 조사방법 등에 대한 고려가 있어야 한다.

나. 서식모형의 비교평가

서식모형을 비교하기 위해서는 먼저 서식모형을 왜 개발해야 되는지를 알아야 한다. 서식모형은 야생 동·식물의 최적 서식공간을 추정할 수 있기 때문에 황소개구리와 같은 생태계교란생물종의 관리에 효과적으로 활용할 수 있다. 즉, 서식 확률이 높은 지역에 대해 관리방안을 우선적으로 수립한다. 서식모형은 또한 보호구역의 설정에 이용될 수 있는데, 야생 생물의 적정 서식공간을 보호구역으로 설정함으로써 야생 동·식물을 효과적으로 보호할 수 있다. 마지막으로, 개발사업에 의한 야생 동·식물의 서식지 영향평가에 서식모형을 적용할 수 있다. 미국 어류및야생동물청에서 서식적합성모형을 도입한 이유는 도로, 철도 및 댐 건설에 따른 야생 동·식물의 서식환경 파괴를 최소화하기 위해서이다.

서식적합성모형을 비롯한 단일 생물종에 대한 서식모형과 비오톱으로 대표되는 생물군집에 대한 서식모형은 각각 다르게 적용된다. 생태계교란생물종이나 멸종위기 및 희귀 야생 동·식물의 보호를 위해서는 단일 생물종에 대한 서식모형 개발이 필요하다. 보전생물학적 관점에서 멸종위기에 처한 생물종의 보호구역을 설정할 경우, 해당 생물종의 생활조건 및 서식변수 파악 등 단일종에 대한 서식모형을 개발해야 한다. 수렵 동물이나 멸종위기종과 같은 특정 종의 보호·복원방안을 수립하는데 있어서는 단일종의 서식모형이 필요하다.

최근 들어, 생물다양성의 유지 및 증진은 자연환경 관리에 있어 중요한 주제중의 하나이다. 생물종 다양성을 위해서는 생물군집에 대한 서식공간을 제공해야 한다. 생물군집에 대한 서식모형(예, 비오톱) 설정은 다양한 생물종의 서식공간을 나타낼 수 있는 서식모형으로써, 도시지역에서 유용하게 적용되고 있다. 도시지역에 있어 서식모형의 현실 적용가능성이 높은 비오톱과 같은 생물군집 서식모형이 널리 사용되고 있다. 생물군집에 대한 서식모형 설정에 있어 서식변수의 선정은 신중히 고려해야 한다. 즉, 생물군집에 대한 서식모형을 만들기 위해서는 행동권이 작은 동물(예,

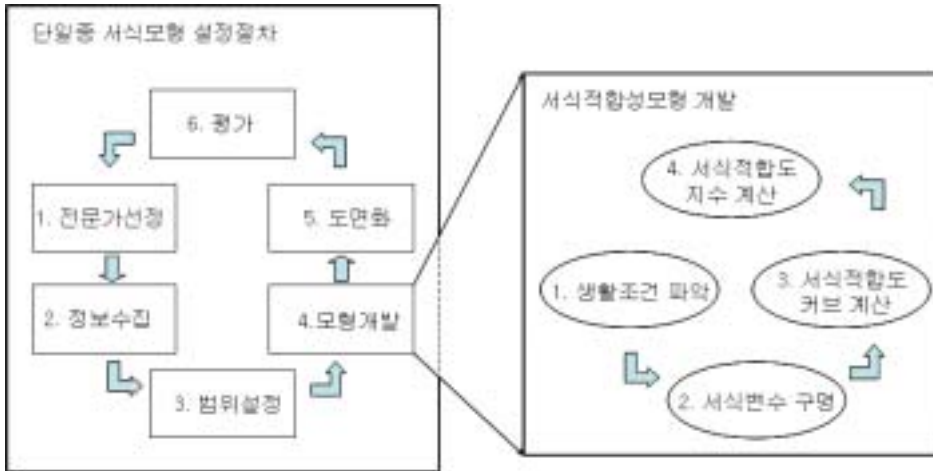
메뚜기)과 큰 동물(예, 참매)의 서식구조를 동시에 조사·해석·평가해야 되기 때문에, 축척별 서식모형(multi-scale habitat model)을 설정해야 한다. 생물군집에 대한 서식모형은 실증적인 접근방법에 의해 개발하는 것은 현실적으로 불가능하고, 전문가의 지식이나 경험 자료에 의거하여 여러 종에 대한 서식모형을 통합할 수 있다.

앞서 살펴본 바와 같이 서식모형을 개발하기 위해서는 서식개념을 통한 과정중심의 접근방법과 현지조사 자료를 토대로 한 실증분석 위주의 접근방법으로 구분되는데(<표 5-1> 참조), 2가지 접근방법은 서로 배타적 관계가 아니라 보완적 관계로서 하나의 접근방법이 갖는 단점을 다른 방법으로 보완할 수 있다. 과정중심의 접근방법은 센서스 자료가 없거나 현지 조사를 위한 예산이나 시간이 없을 경우, 전문가 집단 또는 관련문헌 검토를 통해 과학적인 인과관계에 따라 서식모형을 설정한다. 한편, 실증분석 위주의 접근방법은 서식조각의 절대량과 함께 서식조각의 공간적 배치에 따른 서식여건의 변화를 나타낸다(Dettki et al. 2003). 이에 따라, 경관생태학의 원리를 적용하기 위해서는 실증분석 위주의 접근방법이 적합하고, 일반적인 생태이론에 입각하여 보편적인 서식모형을 설정하기 위해서는 서식개념을 통한 과정중심의 접근방법이 적당하다.

2. 서식모형의 설정과정

가. 단일 생물종에 대한 서식모형

단일 생물종에 대한 서식모형 설정과정은 미국 어류및야생동물청에서 개발한 서식평가절차(habitat evaluation procedure)를 토대로 제시한다. 구체적인 설정과정은 임업연구원(현재, 국립산림과학원)에서 작성한 멧토끼, 멧돼지, 멧비둘기, 꿩, 흰뺨검둥오리 등 수렵동물에 대한 서식모형 적용사례를 이용하여 제시한다(유병호, 1998, 1999, 유병호·양병국, 1994, 유병호 외, 1995). 특히, 앞 장에서 검토한 지리정보 구축 현황에 의거하여 서식모형 설정과정에 있어 경관생태학적 관점에서 접근한다.



<그림 5-1> 단일 생물종 서식모형 설정절차 및 서식적합성모형 개발

단일 생물종에 대한 서식모형은 크게 6가지 과정을 통해 구축한다. 첫째, 서식모형에 참여할 수 있는 전문가 집단을 선정한다. 지질 및 지리학, 경관생태학, 동물행태학, 환경계획학, 보전생물학, 식물분류학, 식생학 등 다양한 분야의 전문가가 참여할 수 있도록 하며, 분석 대상지의 지역전문가도 참여토록 한다. 둘째, 현지조사, 문헌조사, 전문가조사, 센서스자료, 연구참여자의 경험 및 지식을 모두 활용하여 대상 생물종에 대한 생태학적 정보를 수집한다. 현지조사를 실시할 경우, 지역전문가의 자문과 함께 조사전에 위성영상 및 GIS 도면을 출력하여 조사때 활용한다. 생물종의 서식공간 설정시 중요한 고려사항 즉 서식자원 및 환경조건을 식별하기 위해, 이용가능한 문헌, 사진, 도면 등을 수집한다. 셋째, 개발하고자 하는 서식모형의 범위를 설정한다. 범위는 크게 공간적 범위와 시간적 범위로 구분할 수 있다. 공간적 범위로는 전체 서식공간을 대상으로 할 것인지 아니면 특정지역으로 한정할 것인지 결정해야 하며, 시간적 범위로는 대상 생물종의 전체 생애주기를 고려할 것인지 아니면 특정 생애주기(예, 유생기) 또는 특정계절(예, 월동기)만을 대상으로 개발할 것인지 결정해야 한다. 넷째, 서식적합성모형을 개발한다. 생물종의 성장을 제한하는 요소가 무엇인지 밝혀내고, 겨울철 먹이자원이나 번식, 은신 등 생활조건을 충족하기 위한 서식변수를

도출한다. 다섯째, 설정된 서식모형을 지표면에 도면화한다. 지리정보시스템을 이용하여 가능한 서식변수를 공간상에 표현할 수 있는 지리정보로 변환한다. 이 때, 가능한 래스터 포맷의 자료를 이용함으로써 주변지역의 서식여건을 반영할 수 있는 알고리즘(map algorithm)을 적용시킨다. 마지막으로, 서식모형을 토대로 제작된 도면에 대해 실측값을 적용하여 서식적합성모형에 대한 평가를 실시한다. 또한, 서식모형에 대한 피드백 과정을 통해 지속적으로 모형을 수정·보완함으로써, 단일 생물종에 대한 서식모형의 정확성을 향상시킨다.

앞서 제시한 네 번째 서식적합성모형의 개발과정은 다음과 같이 세분화할 수 있다. 첫째, 야생 생물의 생활조건(life requisite)을 겨울철 먹이, 번식 및 은신, 서식공간의 상호인접 정도, 공간적 요구사항 등으로 구분한다. 특히, 어떤 생활조건이 생물종의 개체수를 제한하는 요인인지 알아야 한다. 제한요인은 대부분 겨울철 먹이자원인데, 왜냐하면 여름철에는 먹이가 풍부하고 참나무 등 종자식물, 피난처, 물이 상대적으로 쉽게 발견되는데 비해, 겨울철에는 추위로 인해 종자의 발견이 쉽지 않고, 피난처가 감소하고 일조량 및 강우량이 적으며, 물은 결빙되거나 이용할 수 없게 되기 때문이다(김상욱, 1995). 둘째, 생활조건을 충족시킬 수 있는 서식변수를 나열한다. 예를 들어, 멧비둘기의 겨울철 먹이는 벼가 70%가량을 차지하고 있는데, 여기서 생활조건은 겨울철 먹이이며 서식변수는 농경지 면적이 된다(유병호·양병국, 1994). 셋째, 각 서식변수의 값에 따른 서식적합성지수를 계산한다. 서식적합성지수는 생물종의 생활조건에 따라 서식환경을 지수화한 것으로 0.0은 부적합한 지역을 의미하고, 1.0은 최적의 서식공간을 나타낸다. 서식적합성지수는 대부분 도식으로 작성되는데, 이를 서식적합성 곡선(suitability index curve, SI curve)이라고 부른다. 마지막으로 앞서 계산한 개별 서식변수에 따른 서식적합성지수를 모두 통합한 서식적합성지수를 계산한다.

나. 생물군집에 대한 서식모형

여러 생물종으로 구성되는 생물군집에 대한 서식모형은 먼저 개별 생물종에 대한

서식적합성모형을 개발하고, 둘째 각 서식모형에 필요한 지리정보를 획득·가공하여, 셋째 지리정보 및 서식모형을 토대로 목표지역에 대한 개별 생물종의 서식적합성을 평가한 다음, 마지막으로 개별 생물종의 서식적합성 지수를 결합한 통합 서식모형을 작성한다. 이를 단계별로 설명하면 다음과 같다.

1) 서식적합성모형의 개발

생물군집을 구성하는 각 생물종에 대한 서식적합성모형을 서식개념을 통한 과정중심의 접근방법 또는 실증분석 위주의 접근방법으로 개발한다.

과정중심의 접근방법은 전문가 지식을 활용한 델파이 법이 대표적인데, 실증적인 현지조사 자료가 부족한 희귀종이나 멸종위기종의 경우에 적합한다. 모형 설정을 위해, 먼저 대상종을 잘 알고 있는 전문가 집단에 의해 가장 영향을 미칠 수 있는 서식변수를 결정한다. 생물종의 생활조건에 반드시 필요한 서식변수는 포함되어야 한다. 다만, 너무 많은 변수가 사용될 경우 모형이 복잡하게 되어 자료획득이 곤란하며 정확성이 떨어진다. 서식변수가 결정된 다음, 서식변수간의 상대적 중요성을 평가한다. 이를 위해 계층적 분석방법(analytic hierarchy process, AHP)에 의해 쌍대비교를 실시하여 서식변수가 상대적 중요성을 부여한다(박찬열, 2004).

실증분석 중심의 접근방법은 생물종에 대한 현지조사 자료(발견/미발견, 풍부도)와 관련된 물리적 환경변수간의 관계를 조사하여 서식모형을 개발한다. 발견/미발견 자료는 로지스틱 회귀분석을 이용하고, 풍부도 자료는 다변량 회귀분석을 이용한다. 풍부도 자료는 선조사법, 정점조사법, 세력권 도면화법에 의해 구할 수 있다(박찬열, 2004).

2) 서식변수별 지리정보 구축

서식변수를 표현하기 위해 이용가능한 모든 지리정보를 획득·가공하며, 이때 래스터 형태의 자료로 변환한다. 서식변수를 나타내는 각 레이어는 동일한 해상도와 범위를 갖도록 해야 한다. 생물종의 서식과 관련되어 우리나라에 구축된 지리정보로는 수치표고모델(digital elevation model, DEM), 수치지형도, 수치지질도, 정밀토양

도, 기후도, 현존식생도, 도로망도, 농지이용현황도, 토지이용현황도, 토지피복도, 임상도 등이 있다.

3) 목표 지역에 적용

서식변수별 지리정보를 활용하여 서식적합성점수를 계산한다. 경관생태학적 원리에 따르면, 서식적합도를 측정할 때 공간규모를 2 가지 유형으로 구분하여 서식적합도를 계산한다. 첫째 유형은 해당 서식공간의 특성만을 알고자 하는 단위 픽셀의 속성이고, 둘째 유형은 해당 생물종의 행동권(예, 반경 1km의 원형 면적)을 반영하여 평가 대상지와 주변지역에 대한 서식변수를 이용한다. 주변지역에 대한 알고리즘은 래스터를 기반으로 한 지리정보에 적용할 수 있는데, 조각의 크기·인접 조각간의 거리·조각의 혼합정도·평균 크기·임연부 비율 등 경관지수로 구체화시킬 수 있다. 경관지수를 서식변수의 일부로 도입함으로써 경관생태학적 원리를 야생 동·식물의 서식모형에 적용할 수 있게 된다.

4) 통합 서식모형의 작성

통합 서식모형을 작성하기 위해서는 개별 서식모형에 대한 표준화가 필요하다. 개별 서식모형의 표준화는 서식적합성지수에 대해 정규화된 표준점수를 활용하여 제작한다. 표준화된 개별 서식적합성모형은 생물종별 중요성에 따라 가중치를 달리 하거나 대표적인 생물종을 선정하여 활용할 수 있다. 가장 간단히 예는 생물군집을 형성하는 모든 생물종에 대해 동일한 가중치를 부여하는 것이다. 그러나 현실적으로 생물종간 중요성은 다르게 나타나기 때문에 대표적인 지시종을 선정해야 한다.

생물다양성 유지 및 증진을 위한 방법 가운데, 모든 생물종의 보호 및 서식공간에 대한 보호방안을 수립하기 보다는 대표적인 지시종(indicator species)을 선정하여 개체군의 모니터링 및 서식공간의 보호방안을 수립하는 것이 효과적이다(Simberloff, 1998). 대표적인 지시종(indicator spp.)은 핵심종(Paine, 1969), 우산종(Wilcox, 1984), 깃대종(Simberloff, 1998) 그리고 개체수나 분포범위가 감소되는 생물종 등을 감안하여 결정한다¹⁹⁾. 지시종에 대한 정의는 다양한데, 예를 들어 다른 생물종의 존재를

나타내는 종, 자연재해나 인위적인 교란을 의미하는 종, 하천오염 등 자연환경에 대한 현황을 나타내는 종, 그리고 환경변화에 대해 민감하게 반응하는 종 등으로 정의되고 있다(Lindenmayer. 1999). 이 가운데 대상지역의 지역적 특성을 나타내는 생물종을 대표적인 지시종으로 선정하여 서식공간에 대한 설정모형에 적용한다.

<표 5-2> 목표 생물종 선택에 있어 고려대상 생물종

구 분	영문명	설 명	비 고
우산종	umbrella spp.	넓은 서식공간을 필요로 하는 생물종으로써, 서식공간내에 다른 여러 생물종의 서식공간을 포함	호랑이, 곰
핵심종	keystone spp.	개체수(또는 biomass) 비율에 비해 생태계에 미치는 영향이 큰 생물종	캥거루 쥐 (kangaroo rat)
깃대종	flagship spp.	자연보전 운동을 유발시키며 시민들의 인식에 큰 영향을 미칠 수 있는 생물종 (주로 대형 척추동물)	반달가슴곰

3. 서식모형의 평가 및 활용방안

가. 서식모형의 평가

현실적으로 유용한 관리 도구가 되기 위해서 서식모형은 정확성, 보편성, 그리고 적용가능성을 갖추어야 한다. 정확성이란 서식모형을 이용하여 측정한 서식적합도가 야생 동·식물의 실제 관측값을 얼마만큼 예측할 수 있는가를 의미하며, 보편성은 개발한 서식모형이 크기나 위치에 관계없이 다른 지역에 적용할 수 있는가를 보여준다. 마지막으로 적용가능성은 개발한 서식모형을 구현하기 위해 필요한 자료가 획득

19) 연구대상지에 대한 생태학적 연구정도에 따라 <표 5-2>에서 제시하고 있는 생물종과 함께 토착종(endemic spp.), 멸종위기종(endangered/threatened spp.), 감시종(sentinel spp.), 관심종(focal spp.; Lambeck. 1997) 등을 토대로 대표적인 지시종을 선정한다.

가능한지, 다른 자료를 대용할 수 있는지, 아니면 불가능한지를 나타낸다.

야생 동·식물의 서식공간에 대한 관리대상 면적이 증가됨에 따라 정확성은 감소하고 보편성과 적용가능성은 증가한다(Van Horne and Wiens. 1991). 즉, 협소한 지역에 대해서는 정확한 서식모형을 구축할 수 있으나 다른 지역에 적용할 수 있는 보편성은 갖추기 어렵다. 일반적으로 넓은 지역은 협소한 지역에 비해 적은 서식변수가 이용되며 보편성을 갖출 수 있다. 1980년대 이후 위성영상 및 지리정보의 활용 증가에 따라 넓은 지역에 대한 서식모형 개발이 늘어나고 있다(Donovan et al. 1987). 따라서 최근에 개발된 서식모형은 정확성보다는 보편성과 적용가능성을 최대화하는 방향으로 진행되었다(Van Horne and Wiens. 1991, Rho. 2003). 실증적 접근방법에 의해 개발된 서식모형은 특정 지역에 대한 현지조사 자료를 이용하기 때문에 정확성은 높으나, 해당 지역이 아닌 다른 지역에 적용하기 어렵다. 한편, 텔파이나 전문가 참여에 의한 과정위주의 서식모형 접근방법은 보편성을 중요시하는 반면 정확성에 대한 고려는 낮다. 특히 우리나라와 같이 전문가 집단의 비율이 낮은 국가에서는 특정지역에 대한 서식모형보다는 넓은 지역에 대한 서식모형의 개발이 적절하다.

서식모형에 대한 평가를 위해서는 실측 자료가 있어야 한다. 실측 자료로는 현지조사를 통한 개체수 동정 및 기록, 그리고 전국자연환경조사와 같은 센서스 자료가 있다. 희귀종이나 멸종위기종과 같은 경우, 현지 관찰조사가 어렵기 때문에 서식모형의 검증이 어렵다. 자료가 충분치 않을 때, 종풍부도를 활용하기 보다는 발견/미발견으로 변환한 자료를 이용하여 서식모형을 검증하는 것이 적합하다. 또한, 생물종의 번식성공율, 포란수 또는 생물종의 몸무게를 대변수(proxy variable)로 이용하여 서식환경의 질을 평가할 수 있다(Schamberger and O'Neil. 1986).

「전국자연환경조사」, 「겨울철 조류 동시 센서스」, 그리고 「야생동물 실태조사」에 의해 전국에 걸친 야생 동·식물에 대한 분포자료가 확보됨에 따라 서식모형의 평가에 사용할 수 있다. 특히, 「야생동물 실태조사」와 함께 실시되는 수달, 물범 등 희귀 및 멸종위기종에 대해 실시하는 생태학적 연구는 서식모형 평가에 유용한 자료이다. 서식모형을 설정한 다음, 지역 또는 계절에 따른 서식모형의 변이를 데이터베이스화하여 주기적으로 서식모형을 갱신할 수 있다. 특히, 전국자연환경자료에

대한 전산화 작업과 함께 국가에서 관리해야 할 생물종 및 지역별 대표종을 선정하여 서식모형의 구축 및 평가를 실시할 수 있다.

나. 서식모형의 활용방안

서식모형의 활용은 2 가지 측면, 즉 개발사업에 따른 생태계 영향평가와 야생 동·식물의 서식공간 관리로 나뉘 볼 수 있다.

도로건설, 산업단지, 위락시설과 같은 각종 개발사업에 따른 야생 동·식물 개체군 및 서식공간 변동에 대해 학문분야 및 학자에 따라 다른 의견을 나타낼 수 있다. 특히, 이해관계에 얽혀 있는 단위 개발사업에 있어서는 야생 동·식물에 대한 평가가 상이할 수 있다. 야생 동·식물에 대한 서식모형을 구축하면 개발사업에 따른 객관적이고 공정한 생태계 영향평가를 수행할 수 있다. 단위 개발사업에서 특정 동·식물에 대한 영향을 파악하고자 하면, 개발된 서식모형을 개발사업 전과 후에 적용함으로써 서식공간의 총량 변화 및 서식질(habitat quality)의 변동을 파악할 수 있다.

야생 동·식물의 서식공간 관리에 있어 서식모형의 활용은 크게 자연지역, 도시지역, 그리고 훼손후 복원지역으로 구분할 수 있다. 산림, 습지, 해양, 초지, 나지, 하천, 호소와 같은 자연 상태의 토지공간에서는 서식공간 보호구역을 설정하는데 적용할 수 있다. 보호구역은 야생 생물종의 최소 생활조건을 충족시킬 수 있는 면적을 확보하고 있는가와 함께 보호구역으로 지정된 위치가 야생 동·식물의 최적 서식공간을 포함하고 있는가를 살펴보아야 한다. 즉, 서식모형은 보호구역의 위치 및 면적을 설정하는데 활용될 수 있다.

단일 생물종에 대한 서식모형은 미국, 영국 등 외국에서 오랫동안 많은 학자들에 의해 연구되었으며, 야생 동·식물의 보호구역 설정이나 야생 생물의 보호·관리 방안을 수립하는데 사용되었다. 우리나라는 현재까지 들꿩, 멧토끼, 멧돼지, 흰뺨검둥오리, 멧비둘기 등 수렵 동물을 중심으로 일부 야생동물에 대해서만 개발되었으며, 멸종위기 야생동물의 보호를 위한 보호구역의 설정에 있어서는 서식공간에 대한 고려가 부족한 형편이다. 예를 들면, ‘섬진강수달서식지’나 ‘고산봉불은박쥐서식지’는

멸종위기 야생동물을 보호하기 위해 지정된 생태계보전지역임에도 불구하고, 수달이나 붉은 박쥐에 대한 서식모형을 적용하지 못한 상황이다. 즉, 해당 야생동물의 행동권이나 먹이자원, 번식, 커버에 대한 지식기반이 취약한 상태에서 보호구역의 위치 및 면적을 지정하였다. 더욱이, 내년 2월부터 시행될 야생동·식물보호법에 따르면, 특정 야생 동·식물의 보호를 위해 야생동·식물특별보호구역을 설정토록 규정하고 있으나, 단일 생물종에 대한 서식모형 개발을 위한 기본방향, 개발절차 등이 미흡한 상황이다. 따라서 본 연구에서 제시하고 있는 서식모형의 유형 및 개발절차, 그리고 조사 자료의 전산화 방안 등을 토대로 대표적인 야생 동·식물(예, 지시종)을 선정하여 단일 생물종에 대한 서식모형을 개발할 수 있다.

자연지역과 달리 도시지역은 생물의 서식공간(예, 고궁, 도시공원 및 하천)이 인간 활동과 밀접한 관련을 맺고 있다. 도시내 서식공간은 비오톱으로 설정할 수 있는데, 비오톱이란 인간이 인식하거나 관리할 수 있는 토지구획으로써 생물군집이 서식할 수 있는 지역을 의미한다.²⁰⁾ 비오톱 모형, 즉 생물군집에 대한 서식공간 모형은 도시 생태축의 설정이나 생태 네트워크 구축에 있어 기초 자료로 활용할 수 있다. 최근 생물다양성을 보전·증진하고 지역 고유의 생태계를 보호하기 위해 새로운 서식공간을 조성하거나 네트워크화하여 야생생물이 이동하고 서식할 수 있는 공간을 확보하고자 한다(이승은·홍선기, 2002). 즉, 대표적인 생물종을 포함한 야생 동·식물의 생활조건을 충족시키는 핵심지구, 핵심지구와 징검다리 서식공간을 연결하는 통로지구, 이들 지역을 둘러싼 완충지구의 설정에 있어 비오톱이 활용된다. 도시지역에서 핵심 지구는 야생 동·식물의 공급원이 된다.

서식공간이 파괴 또는 악화된 지역에 있어서 서식모형은 생물 서식공간을 복원하는데 이용할 수 있다. 예를 들어, 농경지역에서 감소되고 있는 참새, 제비 등의 개체군을 안정적으로 유지·복원하기 위해서는 이들 생물종의 서식모형을 이용할 수 있다. 즉, 참새 등 생물종에 대한 서식모형을 토대로 농지이용·관리 등 토지이용 변화 추이를 검토하여, 생물종의 서식공간을 확보할 수 있는 방안을 제시할 수 있다. 또한,

20) 비오톱은 가치중립적인 용어으로써 상대적으로 많은 생물이 서식하는 하천변 습지나 자연공원을 지칭함과 아울러 일부 생물(예, 고양이, 비둘기 등)만이 서식할 수 있는 대도시의 고층건물군에 대해서도 비오톱이라 부른다(서울특별시, 2000).

훼손된 식물 생육지를 복원하기 위해서는 지역특성에 적합한 식물종을 선정해야 하는데, 이를 위해서도 서식모형에 의거하여 대상지의 기후, 지형 및 토양 등 비생물학적 특성을 고려한 토착 식물종을 식재하고, 적합한 식재 시기 및 밀도 등을 결정함으로써 지역특성에 적합한 생태계를 조성할 수 있다.

현재 건설교통부, 지방정부, 한국도로공사 및 한국토지공사 등 많은 기관에서는 생태이동통로를 계획·설계·시공하고 있지만, 적합한 생태통로의 입지선정, 설치유형, 적정규모를 결정하는데 어려움을 겪고 있다. 도로 등에 의해 파편화된 서식공간을 연결하기 위해 설치하고 있는 생태통로의 적정 위치, 규모 및 유형을 결정하는데 있어서도 단일 생물종이나 생물군집에 대한 서식모형은 유용하다. 서식적합도모형에 의하여 제작되는 서식적합도면을 이용하여 도로 등 선형간섭에 의해 가장 크게 훼손된 지역을 식별할 수 있다.

제6장 결론

1. 연구의 요약

2004년 5월 「야생동·식물보호법」이 제정되었으며 50여개의 생태통로가 설치되는 등 야생 동·식물 및 서식공간을 보호하기 위한 다양한 노력이 이루어지고 있다. 특히 여러 종으로 이루어진 생물군집에 대한 보호에서 점차 멸종위기종 등 단일 생물종에 대한 보호·복원의 필요성이 높아지고 있다. 본 연구에서는 단일 생물종의 서식공간을 설정하기 위해 필요한 국내·외 문헌 및 야생 동·식물 관련조사를 토대로 단일 생물종에 대한 서식공간 설정방안을 제시하였다.

우리나라에서 실시되고 있는 야생 동·식물의 생물종 및 개체수에 대한 조사는 크게 3 가지로 구분할 수 있다. 전국에 걸쳐 모든 생물종에 대해 조사하는 「전국자연환경조사」가 있으며, 분류군별 조사로서 「겨울철 조류 동시 센서스」와 「야생동물 실태조사」가 있다. 「전국자연환경조사」의 조사 결과를 이용하여 ‘생태·자연도’ 및 야생 동·식물의 분포도를 제작하고 있다. 한편, 1999년부터 실시하고 있는 「겨울철 조류 동시 센서스」와 1967년부터 수렵 동물을 중심으로 실시하고 있는 「야생동물 실태조사」에 대한 전산화 작업은 미흡한 형편이다.

야생 동·식물의 서식공간을 보호하기 위한 법정 보호구역으로는 ‘생태계보전지역’, ‘조수보호구’, ‘산림유전자원보호림’, 그리고 ‘천연기념물보호구역’이 있다. 또한, 자연환경보전법에 의거하여 야생 동·식물의 서식공간을 중심으로 ‘생태계 변화관찰 대상지역’을 지정하고, 야생 동·식물의 개체수 및 서식환경을 위협하는 요인에 대해 주기적으로 조사하고 있다. 최근 야생 동·식물의 서식공간을 보호하기 위한 보호구역의 지정이 점차 증가하고 있으나 적절한 서식공간의 위치 및 규모를 파악하기 위한 지침이나 기준이 미흡한 상태이다.

서식공간 설정을 위한 사례 연구로써 우리나라 최초의 생태계교란 외래종인 황소개구리와 대표적인 겨울철새이며 계속 감소하고 있는 청둥오리에 대한 서식모형을

설정하였다. 황소개구리와 청둥오리 개체수 자료는 「전국자연환경조사」와 「겨울철 조류 동시 센서스」를 이용하였는데, 아직까지 조사 자료가 충분치 않거나 공간자료가 구축되지 않아 서식공간을 설정하기 위한 자료로는 취약한 실정이다. 지금까지의 야생 동·식물 조사는 생물종이나 인위적인 교란요인에 치중하였으며, 이에 따라 조사 대상지 및 조사 현황 (조사시간, 조사시점, 장비, 조사당시 기상 등)에 대한 자료는 부족한 형편이다. 지형·토양·기후 등 야생 동·식물의 서식환경을 나타내는 공간자료는 서식모형 설정에 유용하게 활용될 수 있으며, 향후 810개 지점에 대해 실시하고 있는 「야생동물 실태조사」에 대한 도면화 작업이 완료되면 서식모형에 대한 피드백 과정을 통해 신뢰성 높은 서식공간을 설정할 수 있다.

생물종의 서식공간 설정 절차는 다음과 같은 6가지 단계를 제시할 수 있다. 첫째, 서식모형 설정에 참여할 수 있는 전문가 집단을 선정한다. 지질 및 지리학, 경관생태학, 동물행태학, 환경계획학, 보전생물학, 식생학 등 다양한 분야의 전문가가 참여하며, 분석 대상지의 지역 전문가도 참여토록 한다. 둘째, 현지조사, 문헌조사, 전문가조사, 센서스자료, 연구 참여자의 경험 및 지식 등을 활용하여 대상 생물종에 대한 생태학적 정보를 획득한다. 셋째, 개발하고자 하는 서식모형의 공간적, 시간적 범위를 설정한다. 공간적 범위로는 한반도 전체를 대상으로 할 것인지 아니면 특정 지역으로 한정할 것인지 결정하며, 시간적 범위로는 대상 생물종의 생애주기를 고려할 것인지 아니면 특정 생애주기나 계절만을 대상으로 서식모형을 개발할 것인지 결정한다. 넷째, 서식적합성모형에 의해 생물종에 대한 서식모형을 구축한다. 생물종의 성장을 제한하는 서식변수를 밝혀내고, 겨울철 먹이자원이나 번식 및 은신 등 생활조건을 충족하기 위한 서식변수를 도출한다. 다섯째, 개발된 서식모형을 지표면상에 도면화한다. 여섯째, 서식모형을 토대로 제작된 서식적합도에 실측값을 적용·비교함으로써 서식모형을 평가한다. 서식모형에 대한 피드백 과정을 통해 지속적으로 모형을 수정·보완하여 서식모형의 정확성, 보편성 및 자료가용성을 향상시킨다.

마지막으로 제시된 구축절차에 따라 서식모형을 개발함으로써 야생 동·식물의 서식공간을 설정하는데 활용될 수 있는 분야를 제시하였다. 생물종에 대한 적정 서식공간을 설정함에 따라 야생 동·식물의 보호구역 지정이나 생태통로의 설치에 활용

할 수 있다. 최근 멸종위기 및 고유종에 대한 보호·복원 필요성이 증가함에 따라 단일 생물종에 대한 보호구역 지정이 증가되고 있다. 세계자연보호연맹(IUCN)에 따르면 보호구역 가운데 야생동·식물의 서식공간과 관련된 보호구역이 1997년에 28.4%에서 2003년에 40.6%로 급증하였다(Chape et al. 2003). 또한, 생태통로의 적정 위치를 결정하는데 있어서도 단일 생물종에 대한 서식모형은 효과적으로 활용될 수 있다. 즉, 목표 생물종을 선정한 다음 대상 지역의 서식적합성을 평가함에 따라 생태통로를 설치하기 위한 적정 위치 및 규모를 결정할 수 있다.

2. 연구의 한계 및 향후 과제

본 연구에서는 국내·외 문헌조사 및 전문가 자문, 그리고 지리정보 처리를 통해 단일 생물종에 대한 서식공간을 설정하는데 있어 필요한 조사내용, 서식모형의 구축 절차, 활용방안 등을 제시하였으나 다음과 같은 한계를 지니고 있다.

첫째, 생물종의 서식공간 설정을 위한 생태학적 연구가 충분치 못하다. 서식공간을 설정하기 위해서는 겨울철 먹이자원, 번식 및 은신처 등 커버자원, 활동영역, 그리고 서식공간의 지리적 구성형태에 대한 연구가 선행되어야 한다. 본 연구에서 사례 생물종으로 선정한 황소개구리 및 청둥오리에 대한 서식모형을 설정하는데 있어, 국내 연구의 미흡으로 인해 국외에서 수행된 황소개구리 및 청둥오리에 대한 생태학적 연구를 활용하였다. 이에 따라 사례구축을 통한 황소개구리와 청둥오리에 대한 서식모형을 국내에 직접 적용하는데 어려움이 있으며, 다만 서식모형을 구축하기 위한 기본방향이나 구축절차를 제시한다.

둘째, 야생 동물과 야생 식물의 생태적 특성을 반영한 정교한 서식공간 설정방안을 제시하지 못하였다. 야생 동물의 경우, 행동권에 대한 분석을 통해 행동권내 서식자원을 파악한 후 서식적합성을 평가할 수 있는 반면, 야생 식물은 대상지역의 물리적 환경요인이 서식적합성에 영향을 미친다.

셋째, 야생 동·식물의 개체수 변동에 대한 다양한 조사가 실시되고 있으나 서식모형에 적용하기 위한 전산화 작업이 부족한 형편이다. 특히 「야생동물 실태조사」는

1967년부터 조사를 실시함으로써 서식공간 설정을 위한 기초자료로 활용도가 높음에도 불구하고 전산화 작업이 미흡한 상태이다. 또한, 전국에 걸쳐 실시된 「전국자연환경조사」는 조사기간 및 전문인력의 부족으로 인해 단일 생물종에 대한 서식모형 설정에 있어 신뢰성있는 자료를 구하기 어렵다. 즉, 「전국자연환경조사」는 우리나라 전체에 대한 생물군집을 살펴보기 위한 목적으로 실시됨으로써, 특정 생물종(예, 황소개구리)에 대한 서식모형 설정에 있어 신뢰성이 떨어진다.

위와 같은 연구의 한계를 극복하기 위하여 다음과 같은 후속 연구를 수행한다.

첫째, 생태적 연구 부족을 극복하기 위해 전문가를 적극적으로 활용하며, 국내 뿐만 아니라 국외 관련문헌을 검토하여 생물종에 대한 서식변수를 파악한다. 또한 실증적인 자료 검토를 위해 「전국자연환경조사」에 의한 야생 동·식물의 공간적 분포와 물리적 환경변수와의 관계를 비교한다.

둘째, 야생 동물 및 식물에 대한 서식모형을 구체적으로 기술해야 한다. 본 연구에서 제시하고 있는 일반적인 서식공간 설정방안을 토대로 야생 동·식물의 특성별로 구체적인 서식공간 설정방안이 제시되어야 한다. 야생 동물은 활동권을 설정하여 활동권내 서식자원 및 서식환경을 평가하고, 야생 식물은 지형·토양·기후 등 물리적 환경요인을 중심으로 서식환경을 평가할 수 있는 구체적인 방안을 제시한다.

셋째, 지리정보시스템을 활용하여 서식적합도를 제작하고, 실측값을 이용하여 서식적합성모형을 검증한다. 서식적합도를 제작함으로써 ‘섬진강수달서식지’와 같은 야생 동·식물의 보호를 위한 법정 보호구역의 위치 및 규모에 대해 평가할 수 있다.

마지막으로, 서식모형에 의해 제작되는 적정한 위치의 서식공간을 결정함에 따라 야생 동·식물의 서식공간을 과학적으로 관리한다. 즉, 보호구역의 지정, 생태통로의 설치, 그리고 개발사업에 따른 서식적합성의 평가 등에 있어 야생 동·식물의 서식모형을 근거한 자료를 통해 서식지 관리방안을 도출한다.

참 고 문 헌

국내문헌

- 김상욱. 1995. “야생동물 서식지 관리 및 개선방향”. 「월간 임업정보」 49:1-3.
- 김용식. 2003. “한반도 식물자원의 국제적 가치 및 이용”. 한국자연보전학회(편). 「한반도 자연자원의 관리」.
- 김창희. 2003. 「겨울철 조류 동시 센서스 지침」. 국립환경연구원.
- 남정호. 2004. “자연해안·서식지 총량관리제 도입 필요성과 기본방향”. 「월간 해양수산」 239:68-87.
- 대구지방환경청. 2002. 「수달서식지 실태조사 보고서」.
- 문화재청. 2001. 「천연기념물 수달의 서식실태 및 보호방안 연구」.
- _____. 2003. 「천연기념물 백서」.
- 박찬열. 2004. 한국에서 야생동물 서식지 모형의 현황과 미래. 미발행논문.
- 박해철. 2004. 경관분석용 곤충 정보. 미발행논문.
- 산림청. 1975. 「1974 산림기본통계」.
- _____. 2004. 「2003 산림기본통계」.
- 서울특별시. 2000. 「도시생태개념의 도시계획에의 적용을 위한 서울시 비오톱 현황조사 및 생태도시 조성지침 수립-1차년도 연구보고서」.
- _____. 2001. 「도시생태개념의 도시계획에의 적용을 위한 서울시 비오톱 현황조사 및 생태도시 조성지침 수립」.
- _____. 2002. 「서울시 비오톱유형별 생태계복원 및 생물다양성 증진방안 연구(1단계)」.
- 성남시. 2001. 「도시생태현황도(Biotop Map) 제작 및 GIS 구축사업(1차년도) 연구보고서」.

- 송인주. 2004. “서울시 비오톱유형별 생물다양성 현황 및 특성분석”. 서울시 비오톱 유형특성과 생물다양성 증진방안 심포지움. 서울시정개발연구원.(발간예정)
- 심재한. 2004. “생태계위해외래도입종 황소개구리와 붉은귀거북의 국내실태 및 연구동향”. 국제생태계외래종심포지움 - 과학, 기술 및 관리제도의 발전방향. 한국환경정책·평가연구원.
- 원창만. 2003. “한반도 동물자원의 국제적 이용 및 관리”. 한국자연보전협회(편). 「한반도 자연자원의 관리」.
- _____. 유병호·나진균·정종철·각도 실태조사원·고홍선. 2001. 「야생동물 실태조사」. 국립환경연구원.
- 이상돈·박용하·서정수. 1998. 「멸종위기 야생동·식물의 보호방안」. 한국환경정책·평가연구원.
- 이승은·홍선기. 2002. 「도시 생태네트워크 계획」. 시그마프레스.
- 이우신. 2001. 경관생태학의 원리를 이용한 야생동물의 보호 및 관리, 한국경관생태연구회(편), 경관생태학, 동화기술.
- 이인수. 2004. 환경정보의 GIS-DB구축 사례발표. 한국환경정책·평가연구원 전문가 초청세미나.
- 유병호. 1998. “흰뺨검둥오리의 서식환경 모델화”. 「산림과학논문집」. 57:157-164.
- _____. 1999. “우리나라 야생동물의 보호·관리 실태”. 임업연구원 연구자료 제 146호.
- _____. 양병국. 1994. “평의 서식환경 모델화”. 「임업 연보」. 49:140-154.
- _____. 원창만. 1999. 야생동물 관리개념. 국립환경연구원.
- _____. 임용호·양병국·김상욱. 1995. “멧토끼의 서식환경 모델화”. 「산림과학 논문집」. 51:39-44.
- 원주지방환경청. 2002. 「야생동물 실태조사 편람」.
- 장은미. 2001. 지리정보체계와 경관생태학, 한국경관생태연구회(편), 경관생태학, 동화기술.
- 전성우·정휘철. 1999. 「생태·자연도 작성 및 활용을 위한 원격탐사기법 연구 II

- 식생분류도 작성을 중심으로」. 한국환경정책·평가연구원.
- 정홍락·이현우·유현석·권영한·노태호·박소현. 2003. 「경관생태학적 환경영향평가기법 연구」. 한국환경정책·평가연구원.
- 조삼래. 2002. 「서산의 새」. 공주대학교 출판부.
- 한성용. 1997. 「한국수달의 생태에 관한 연구」. 경남대학교 생물학과 박사학위 논문.
- 환경부. 1997a. 「섬진강 수달서식 실태조사 및 서식환경 복원에 관한 연구」.
- _____. 1997b. 「제2차 자연환경 전국기초조사 지침(우선·일반조사지역)」.
- _____. 2001a. 「기초 생태자연도 작성에 관한 연구」.
- _____. 2001b. 「생태계 변화관찰 지침 및 지역별 현황」.
- _____. 2003a. 「국가 기초생태 연구 기본계획 수립 연구」.
- _____. 2003b. 「자연환경보전 업무현황」.
- _____. 2003c. 「자연생태계 복원을 위한 생태통로 설치 및 관리지침」.
- _____. 2004a. 「환경백서」.
- _____. 2004b. 「생태자연도 활용에 있어 식생보전등급 적용 방안 연구」.
- _____. 2004c. 「생물자원 확보·관리를 위한 기본계획 수립 연구 보고서」.
- _____. 국립환경연구원. 2003. 「2003년도 겨울철 조류 동시 센서스」.
- _____. _____. 2004. 「겨울철 조류 동시 센서스 종합 보고서」.
- 홍선기·이은주·강호정·김창희·정홍락. 2004. 「생태복원공학-서식지와 생태공간의 보전과 관리」. 라이프사이언스.

외국문헌

- Allen, A. W. 1986. Habitat suitability index models: mallard (winter habitat, Lower Mississippi Valley). U. S. Fish and Wildlife Service. Biological Report 82(10.132).

- Cecil, S. G. and J. J. Just. 1979. "Survival rate, population density, and development of a naturally occurring larvae (*Rana catesbeiana*)."
Copeia 1979(3):447-453.
- Chape, S., S. Blyth, L. Fish, P. Fox and M. Spalding. 2003. 2003 *United Nations List of Protected Areas*. IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge, UK and UNEP-WCMC, Cambridge, UK.
- Clements, F. E. 1916. *Plant succession, an analysis of the development of vegetation*. Carnegie Institute of Washington, Publications 242.
- Crance, J. H. 1987. Guidelines for using the Delphi technique to develop habitat suitability index curves. U. S. Fish and Wildlife Service. Biological Report 82(10.134).
- Dettki, H., R. Lofstrand and L. Edenius. 2003. "Modeling Habitat Suitability for Moose in Coastal Northern Sweden: Empirical vs Process-oriented Approaches". *Ambio* 32(8):549-556.
- Diamond, J. M. 1975. "The Island Dilemma: Lessons of Modern Biogeographic Studies for the Design of Natural Reserves". *Biological Conservation* 7:129-146.
- Donovan, M. L., D. L. Rabe and C. E. Olson. 1987. "Use of geographic information systems to develop habitat suitability models". *Wildlife Society Bulletin* 15:574-579.
- Forman, R. T. T. 1995. *Land Mosaics: The ecology of landscape and regions*. Cambridge University Press. Cambridge, UK.
- Gleason, H. A. 1926. "The individualistic concept of the plant association". *Bulletin of the Torrey Botanical Club* 53:7-26.
- Graves, B. M. and S. H. Anderson. 1987. Habitat suitability index models: bullfrog. U. S. Fish and Wildlife Service. Biological Report 82(10.138).
- Heitmeyer, M. E. 1985. *Wintering strategies of female mallards related to dynamics of*

- lowland hardwood wetlands in the upper Mississippi Delta*. Ph.D. Dissertation. University of Missouri, Columbia, Missouri, USA.
- _____. and L. H. Fredrickson. 1981. "Do wetland conditions in the Mississippi Delta hardwoods influence mallard recruitment?". *Transactions of the North American Wildlife and Natural Resources Conference* 46:44-57.
- Lambeck, R. J. 1997. "Focal species: a multi-species umbrella for nature conservation". *Conservation Biology* 11:849-856.
- Lindenmayer, D. B. 1999. "Future directions for biodiversity conservation in managed forests: indicator species, impact studies and monitoring programs". *Forest Ecology and Management* 115:277-287.
- Molles, M.C., Jr. 1999. *Ecology: concepts and application*. WCB/McGraw-Hill. Iowa, USA.
- Morrison, M. L., B. G. Marcot and R. W. Mannan. 1992. *Wildlife-habitat relationships: concepts and application*. University of Wisconsin Press, Madison, Wisconsin, USA.
- Paine, R. T. 1969. "A Note on Trophic Complexity and Community Stability". *American Naturalist* 103:91-93.
- Park, C-R. and W-S. Lee. 2003. "Development of a GIS-based habitat suitability model for wild boar *Sus Scrofa* in the Mt. Baekwoonsan region, Korea". *Mammal Study* 28:17-21.
- Rho, P. 2003. *GIS-based Multiple-scale Study on Scaled Quail*. Ph.D. Dissertation, Texas A&M University. College Station, Texas, USA.
- Schamberger, M. L. and L. J. O'Neil. 1986. Concepts and constraints of habitat-model testing. Pages 5-10 in J. Verner, M. L. Morrison, and C. J. Ralph, editors. *Wildlife 2000: modeling habitat relationships of terrestrial vertebrates*. University of Wisconsin Press, Madison, Wisconsin, USA.
- Simberloff, D. 1998. "Flagships, umbrellas, and keystones: Is single-species

- management passe in the landscape era?". *Biological Conservation* 83(3):247-257.
- Tansley, A. G. 1920. "The classification of vegetation and the concept of development". *The Journal of Ecology* 8(2):118-149.
- _____. 1935. "The use and abuse of vegetational concepts and terms". *Ecology* 16: 284-307.
- U.S. Fish and Wildlife Service. 1980a. *Habitat as a Basis for Environmental Assessment. Ecological Services Manual 101*. U.S. Department of Interior. Fish and Wildlife Service. Division of Ecological Services. Government Printing Office. Washington. D.C., USA.
- _____. 1980b. *Habitat Evaluation Procedures (HEP). Ecological Services Manual 102*. U.S. Department of Interior. Fish and Wildlife Service. Division of Ecological Services. Government Printing Office. Washington. D.C., USA.
- _____. 1981. *Standards for the development of habitat suitability index models for use in the Habitat Evaluation Procedures. Ecological Services Manual 103*. U.S. Department of Interior. Fish and Wildlife Service. Division of Ecological Services. Government Printing Office. Washington. D.C., USA.
- Van Horne, B. and J. A. Wiens. 1991. *Forest Bird Habitat Suitability Models and the Development of General Habitat Models*. Fish and Wildlife Resource Paper 8. U. S. Department of Interior, Fish and Wildlife Service. Washington, D.C.
- Verner, J., M. L. Morrison and C. J. Ralph. 1986. *Wildlife 2000: Modeling habitat relationships of terrestrial vertebrates*. University of Wisconsin Press, Madison, Wisconsin, USA.
- Wilcox, B.A. 1984. In situ conservation of genetic resources: determinants of minimum area requirements. Pages 639-647 in J. A. McNeely and K. R.

Miller, editors. *National Parks: Conservation and Development*. Smithsonian Institution Press, Washington, D.C., USA.

Wu, X. B., N. J. Silvy, F. E. Smeins and M. J. Peterson. 2001. *Landscape change in lesser prairie chicken habitat in the Texas Panhandle*. Final Report to Texas Parks and Wildlife Department, Austin, Texas, USA.

인터넷자료 및 기타

국립산림과학원. <http://www.kfri.go.kr/>

국립환경연구원. <http://www.nier.go.kr/>

람사협약. <http://www.ramsar.org/>

미국 어류및야생동물청. <http://www.fws.gov/>

산림청 국가식물자원정보관리시스템. <http://www.koreaplants.go.kr/>

세계자연보호연맹. <http://www.iucn.org/>

영국 생물다양성행동계획. <http://www.ukbap.org.uk/>

유네스코. <http://www.unesco.org/mab/>

_____. <http://whc.unesco.org/>

환경부. <http://www.me.go.kr/>

Abstract

Using a Landscape Ecological Approach to Develop a Wildlife Habitat Model for Korea

Owing to its variety of topographic features and climatic conditions, Korea has extremely diverse habitat types, including coastal wetlands, estuaries, islands, paddy fields, croplands and woodlands, which provide nesting and feeding sites for migratory birds and carnivorous predators (e.g., Siberian tiger). These habitats have become deteriorated and fragmented as a result of extensive socio-economic development and road construction; therefore, many endemic species are faced with extinction in Korea as a consequence of habitat loss, degradation and fragmentation. The objective of this study was to explore the process of developing a habitat model to quantify and protect suitable habitats for the Korean fauna and flora.

We applied four major steps in deriving a wildlife habitat model: (1) overview and designation process of protected areas to preserve wildlife habitats, (2) review of management strategies for protecting wildlife species and their habitats, (3) introduction of the habitat suitability index (HSI) model, which was developed in the United States and is now applied globally, and (4) application of a case study to evaluate the preliminary habitat model. All procedures described above were integrated to develop GIS-based habitat models for Korean wildlife, with particular consideration for spatially-explicit habitat variables derived from the National Geographic Information System (NGIS) and the Environmental Information System (EIS).

Biotic and abiotic features must be incorporated into habitat models. Data for few biotic factors and most abiotic factors are available in developing the habitat

model for Korea. Although the Korean government has conducted three extensive surveys to assess biotic characteristics, only the 'National Survey of the Natural Environment' was used to construct a nationwide GIS dataset for wildlife species in Korea. Abiotic characteristics such as rainfall, temperature, topography and soil have strong impacts on the habitat preferences of each species. The spatial patterns of abiotic features were elucidated with NGIS and EIS; therefore, the GIS-based habitat model used in this study considered most abiotic factors.

Given the paucity of biotic database as well as insufficient knowledge of the habitat requirements of wildlife species, we implemented several preliminary procedures for habitat model development. Habitat models for bullfrog (an invasive alien species) and mallard (a winter visitor) were developed as case studies to examine whether the preliminary habitat model and developing procedures are realistic under the current situation. When data are lacking, expert opinion and a literature review should be used to identify habitat variables and habitat preferences. If more time is available, field surveys and experimental observations could also be used to derive the HSI model.

In conclusion, we suggest the following procedures to develop a GIS-based habitat model for the Korean fauna and flora: (1) organizing a three- to five-member panel of experts in landscape ecology, conservation biology, plant biology, animal behavior and wildlife management; (2) acquiring ecological knowledge through a literature review, Delphi, field surveys and other methods by selected panelists; (3) defining spatial and temporal scales based on the study areas and life histories of the species of interest; (4) selecting appropriate habitat variables based on life requisites of wildlife species; (5) developing a suitability index curve; (6) evaluating the habitat model against real-world observations; (7) producing a habitat suitability map for individual species; and (8) modifying and improving the habitat model by adding or removing habitat variables and changing the suitability index curves.

집필자 약력

노백호

미국 텍사스 A&M 대학교 농학박사 (경관생태 전공)

한국환경정책·평가연구원 책임연구원(현)

E-mail : oikos@kei.re.kr

著書 및 論文

『지리정보를 이용한 축척별 메추라기 생태연구』 (2003, 미국 텍사스 A&M 대학교 박사학위 논문)

박해경

경희대학교 이학석사 (지리학 전공)

한국환경정책·평가연구원 위촉연구원(현)

E-mail : hkpark@kei.re.kr

著書 및 論文

『GIS를 이용한 비점오염원의 공간적 변화분석』 (2004, 경희대학교 석사학위 논문)