

울산 무제치 습원의 식생: 현존식생도와 오리나무 개체군

김중원* · 김종훈¹ · 제갈재철¹ · 이윤경² · 최기룡³ · 안경환 · 한승욱
계명대학교 생물학과 · ¹자연생태계관리연구소 · ²문경시청 · ³울산대학교 생물학과

Vegetation of Mujechi Moor in Ulsan: Actual Vegetation Map and *Alnus japonica* Population

Kim, Jong-Won*, Joong-Hoon Kim¹, Jae-Chul Jegal¹, Youl-Kyong Lee², Kee-Ryong Choi³,
Kyung-Hwan Ahn, and Seung-Uk Han

Department of Biology, Keimyung University, Daegu 704-701, Korea

¹Institute for Management of Natural Ecosystem, Ansan 426-150, Korea

²Environmental Division, Mungyeong City Hall, 745-702, Korea

³Department of Biology, University of Ulsan, Ulsan 680-749, Korea

ABSTRACT: Actual vegetation map drawn with the scale 1 to 100 and *Alnus japonica* population in Ja-neup and Woong-neup of the Mujechi moor were described in order to monitor long-termly and preserve permanently, where is a very rare Molinieta moor and a legally protected area. A total of 3036 plots of 5m × 5m were surveyed during summer 1996. Thiessen polygons of 1491 alder trees were derived from the plot data. Actual vegetation map was illustrated by 6 cover types such as needle spike-rush type, moor-grass type, alder-moor type, eulalia type, oak forest type, and exposed site. *Molinia* grasses native to the moor and *Miscanthus* grasses alien to the moor are reciprocally dominant. The area of *Molinia* grasslands was rapidly in decline and alder population size was dramatically in increase in the moor, particularly in Woong-neup. In Molinieta moor preservation more attention should be focused on the regulation of a nutrient rich soil from forest road and fire.

Key words: Actual vegetation map, *Alnus japonica* population, Intermediate moor, *Molinieta japonicae*, Thiessen polygon, Ulsan Mujechi moor

서 론

최근 우리나라에서는 도시산업사회의 발달로 말미암아 산간의 완만한 계곡 지형에서 성행되어 오던 논경작지가 방치된 목정논이 흔하게 관찰되고 있다. 목정논에는 토지의 미세지형적 환경 조건에 따라 다양한 습지 식생이 발달하는데, 벼군강, 가막사리군강, 갈대군강, 진퍼리새군강에 귀속되는 식물군락들이 대표적이다(김과 남 1998, 김과 김 2003). 남한지역의 산간 지역에 산재하는 목정논에서 가장 흔하게 관찰되는 식생형은 목정논의 부영양 입지 환경의 지속성을 나타내고 있는 고경초본식물군락의 갈대군강이다. 그러나 식생지리학적으로 냉온대중부/산지 식생대에 분포하거나 수평적으로 냉온대 남부 지방의 고해발 산악에 위치하는 목정논 또는 배수불량의 분지에서는 이탄의 발달을 지표하는 진퍼리새군강의 중간습원식생이 점점이 발달하고 있다(고 등 1995, 김과 김 2003). 본 연구의 대상이 된 울산 무제치늪은 산악분지에 발달하고 중간습원의 전형이 보존되어 있는 자연지역으로 국가가 지정하는 자연생

태계보전지역이다(환경부 1998). 한편, 이와 같은 지역의 생태계(또는 서식처) 다양성과 생물종의 다양성을 보존하기 위해서는 그 기반이 되는 식물군락들에 대하여 현존하고 있는 공간적 분포 양식 변화를 모니터링 할 수 있는 지표종에 대한 분포적 양상이 우선적으로 규명되어야 할 것이다(강 1970, 최와 고 1989).

본 연구는 상세 척도를 이용하여 무제치 늪의 현존식생에 대한 공간적 분포를 밝히고, 나아가 중간습원의 초본형 습원식생에 대응하는 부영양 습원식생의 궁극적 지표종인 오리나무에 대한 공간적 분포양식을 규명하는 데에 그 목적이 있다. 결국 본 연구는 중간 습원으로서 무제치 습원의 지속적인 보존을 위하여 가장 기본이 되는 현존식생에 대한 양적 질적 기재이며, 국가 중요 생태계 지역에 대한 장기생태 감시 및 연구를 위한 보전생태학적 정보를 제공하는 데에 의의가 있다.

재료 및 방법

산지 중간습원의 현존 식생도는 미지형에 따른 식물군락의

* Corresponding author; Phone: +82-53-580-5213, e-mail: jwkim@kmu.ac.kr

분포적 다변성으로 말미암아 입지도화의 목표에 부합하는 정보를 충분히 나타낼 수 있는 범례와 해상도가 고려되어야 한다. 응늪(1번늪, 520m a.s.l.; 35° 27' 25" E, 129° 08' 41" N; 면적 400m × 150m)과 자늪(2번늪, 550m a.s.l.; 129° 08' 40" E, 35° 27' 30" N; 면적 150m × 100m)으로 이루어진 무체치습원은 습원 내의 미지형 구배에 대응하는 습윤단경초본군락으로부터 인간간섭에 따라 이차적으로 발달한 이질 식생요소를 포함하고 있는 습원의 면적 및 각 식물군락의 면적이 소규모이기 때문에 1:100의 실측지형도를 이용하였다. 그리고 지형도를 5m × 5m의 격자(총 3,036개)로 나누고 각 식생범례에 따라 실선법에 의한 상세 현장 조사가 1996년에 이루어졌다. 식생범례는 습원의 미세 지형 및 인간간섭에 대응하는 6 가지의 식생형으로 이루어졌다. 쇠털골형, 진퍼리새형, 오리나무형, 억새형, 삼림형 그리고 개방나지(풍화핵 입지). 프로그램 [IDRISI]를 이용하여 각 식생유형에 따른 식피 면적을 정량적으로 산정하였다.

습원 내부에서 습생천이의 종극상을 구성하는 대표적인 수종은 오리나무이다(김과 김 2003). 상관적으로 오리나무 개체군 발달이 두드러진 응늪에 대하여 오리나무 전 개체에 대한 상세 분포도를 제작하였다. 그리고 오리나무 개체의 위치와 매목조사(개체수, 각 개체의 봉아수, 수고, 기저둘레: 지표면으로부터 5 cm 위치의 수간 둘레)를 실측하여 오리나무의 개체군 동태를 분석하였다. 오리나무 개체의 습원 내 위치에 대하여 MAPinfo를 이용해 티센망도(thiessen polygon)의 vector map을 작성 및 분석하였고, IDRISI(Eastman 1995)를 이용하여 각 polygon의 면적을 산출하였다. Thiessen 방법은 오리나무 개체의 위치를 지도상에 표시하고 인접 개체들을 직선으로 연결한 다음, 이들 직선의 수직 이등분 선을 그어 각 개체 주위에 다각형을 형성한다. 이 다각형 면적은 각 오리나무 개체의 영향권으로 고려되는 면적이다. 그 면적이 크면 클수록 단위 개체당의 영향면적이 크다는 것을 의미하며 나아가 오리나무 삼림식생으로의 삼림발달을 의미한다. 또한 그러한 오리나무의 공간적 분포양식에 대하여 습원 내에 흐르고 있는 작은 수로(물길)와의 이격 거리와 각 개체간의 거리를 실측하여 분석함으로써 습원 내의 물길과 오리나무 분포와의 연관성을 조사하였다.

결과 및 고찰

현존식생도

무체치늪(응늪과 자늪)의 현존식생은 Fig. 1과 같다. 응늪은 자늪에 비하여 1.9배의 넓은 면적과 다양한 식생범례로 이루어져 있다. 중간습원식생을 대표하는 진퍼리새-하늘산제비난군집은 응늪의 우점 식생형으로 63.0%(10,612.2m²)를 차지하며, 자늪에서는 차우점 식생으로 45.8%(4,127.3m²)의 면적을 차지하였다. 특히 자늪은 건생 식생형의 소나무-억새군락(eulalia type)이 가장 넓은 면적(7,605m², 50.7%)으로 발달하고 있으며, 응늪의 두 배에 이른다. 이 건생식생형과 토사 및 핵석 노출지를 합하면 자늪 면적의 약 54.3%가 습원의 고유 형

태로부터 변형된 식생으로 이루어져 있다. 결국 자늪의 건생화가 응늪에 비하여 매우 심각하게 진행되고 있음을 나타내고 있다. 무체치습원 가운데 가장 넓은 면적을 가지고 있는 응늪에서도 전체 면적의 31.7%(5,339.7m²)가 이미 건생형 식생으로 피복되어 있음으로써 중간습원 고유의 식생구조로부터 크게 변질된 것으로 나타났다. 이러한 응늪과 자늪에서의 건생화는 습원의 가장자리 임도에서부터 습원 내부까지 넓게 발달하고 있으며, 중간습원의 전형 식생유형인 진퍼리새-하늘산제비난군집은 그 배후에 발달하고 있는 공간배분을 보여주고 있다. 이것은 가장자리의 임도로부터 토사 유입과 지표수 흐름의 변화에 따른 입지의 건조화가 진행되고 있음을 강력하게 시사하고 있다.

한편 응늪의 경우, 오리나무 개체군이 크게 번성하고 있으며, 습원의 건생화 뿐만 아니라, 습원 고유식생 입지 속에서 오리나무 개체의 고빈도가 명백함으로써 고유 습원 입지환경이 부영양화의 양상으로 진행되고 있음을 나타내고 있다(Fig. 2). 특히 습원 가장자리부로부터 임도와 평행하여 습원 중앙부로 분포가 확대되어 가는 양상을 보여주는 오리나무 및 소나무 그리고 졸참나무-은방울꽃군락의 분포 양식에서 그러한 양상은 명백하게 나타나고 있다. 응늪 내의 오리나무 개체군의 발달은 습원 고유식생인 진퍼리새-하늘산제비난군집이 분포하는 면적 가장자리에 집중하여 발달하고 있으며, 어린 오리나무 개체들은 이 군집의 영역 내부에 매우 높은 빈도로 생육하고 있다. 또한 응늪의 오리나무 개체군은 자늪에 비하여 그 개체군의 크기가 매우 크면서 밀도도 매우 높다. 그것은 응늪이 자늪에 비하여 습원의 토양 염류환경이 풍부하다는 것을 의미하며, 현 수준에서 자늪에 비하여 응늪의 식생천이가 신속하게 진행됨을 나타낸다. 특히 응늪의 가운데 부분의 가장 낮은 지형에서 흐르고 있는 물길을 따라 보다 큰 개체 또는 그루터기가 분포하고 있었다. 따라서 응늪은 가장자리의 임도와 내부에 형성되어 있는 물길에 의하여 건생화 및 부영양화가 촉진되고 있음을 알 수 있다. 또한 응늪의 오리나무 개체군의 높은 밀도와 큰 개체군의 크기 그리고 습원 내의 공간적 분포는 응늪에 있어서의 화입(산불)에 의한 대량의 영양염류의 과도한 공급과 응늪의 한 가운데를 남서로부터 북동 방향으로 좁은 물길을 따라 관찰되고 있으며, 이러한 사실은 물길이 오리나무 개체의 분산과 식생천이에 미치는 주요 지형요소임을 보여주고 있는 것이다(Figs. 1, 2).

결국 다년생 목본 식물종에 의한 산지 참나무림과 오리나무 우점의 산지 습생림의 발달에 의한 진퍼리새군강으로 대표되는 중간습원의 입지환경 변화와 그 소멸을 의미한다. 결론적으로 현재까지 식물군락의 분포양식과 주요 목본 식물종의 분포양식을 고려하여 추정되는 토지환경 조건의 변화 요인은 크게 세 가지로 요약되고 있다. (i) 임도에 의한 지형변화와 우수 및 토사 유입, (ii) 인접산지 삼림식생(졸참나무-은방울꽃군락 및 소나무조림군락)으로부터의 영양염류의 직·간접적 공급, (iii) 직접적인 인간간섭(희귀식물종의 굴취, 역사 또는 진퍼리새 벌초-채취, 불규칙적인 화입 및 답압 등).

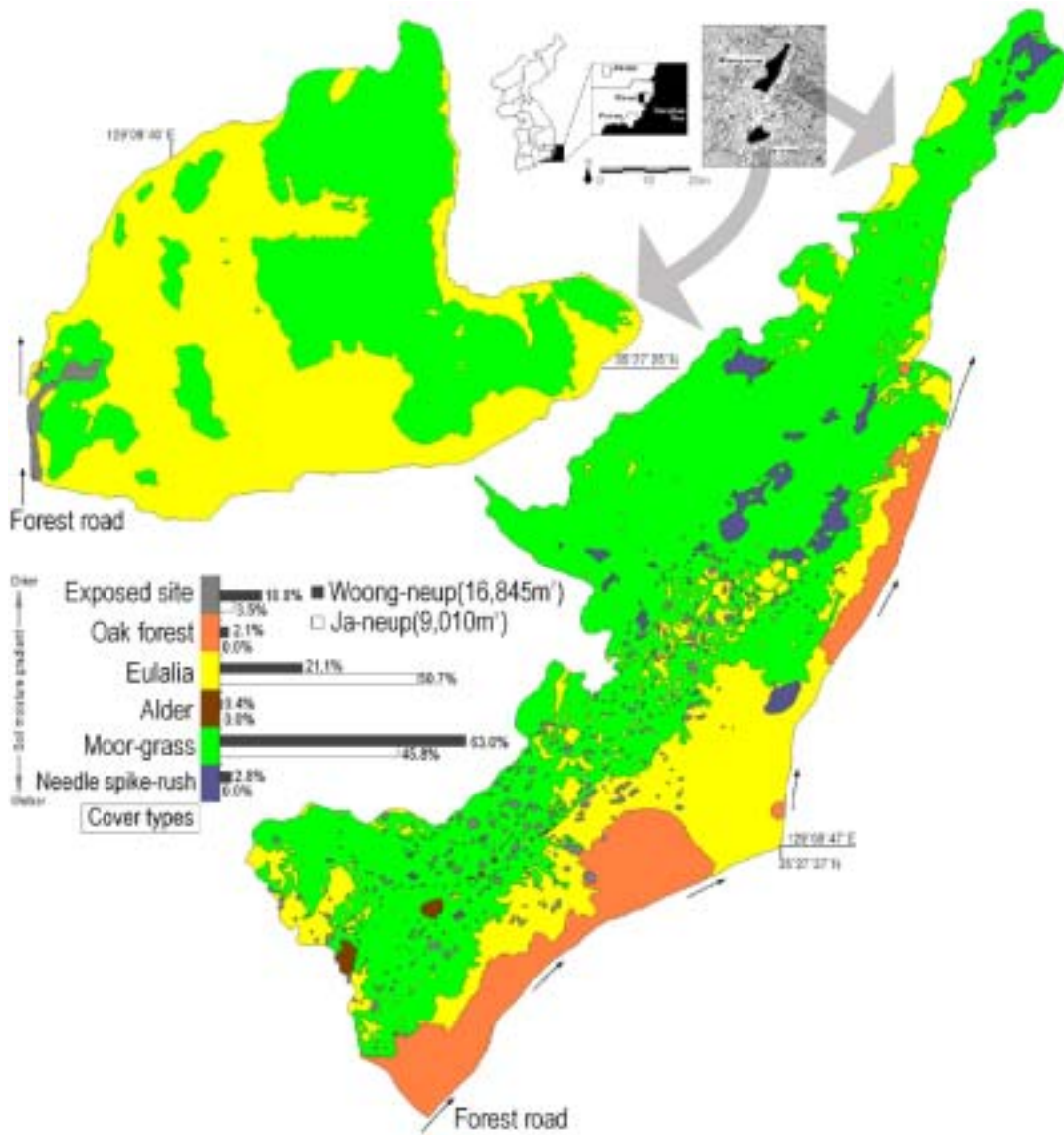


Fig. 1. Actual vegetation map of Woong-neup(right) and Ja-neup(left) in the Mujechi moor in 1996.

웅늪의 오리나무개체군 분포

웅늪의 오리나무 개체군은 1491개체가 생육하고 있었으며 (밀도 약 0.1개체/m²), 각 개체는 1~8 분주(그루터기)로 이루어져 있었다. 전체 개체의 85.6%가 수고 2m 미만(최고 7.3m)이며, 수고 5m 이상의 개체는 겨우 6 개체뿐이었다. 그리고 68.5%가 기저둘레 10cm 미만(최고 79cm)의 키가 작은 오리나무 유목으로 구성되어 있었다. 따라서 습원의 오리나무 개체군은 매우 어리며, 특정 시기에 발달해 온 동년배의 구성비가 매우 높다는 것을 의미한다. 특히 오리나무 유목들은 작은 수로에 인접하여 주로 분포하고 있었으며, 이러한 오리나무 개체군의 구조적 특성은 최근에 발생한 화재(1987년)에 의하여 일제히 재생된 것으로 판단된다. 오리나무 개체군은 분주 수(최고 18개)가 2개 또는 1개로 이루어진 개체가 전체의 76.9%를 차지하는 것

으로 나타났으며, 개체의 수고 및 기저둘레가 큰 개체 (보다 수령이 높은 개체)일수록 분주 수가 증가하였다 (Fig. 3c).

한편 웅늪의 상부 권역에서 875m²(25m × 35m) 내에 분포하는 오리나무 314개체에 대한 공간적 분포 양식을 규명하기 위하여 Thiessen 폴리곤(polygon) 분석을 실시하였다 (Fig. 4 a와 b). 폴리곤의 평균 넓이는 1.86m²(최대 13.59m², 최소 0.10m²)이며, 넓이 0.10~1.45m²의 범위를 가지는 폴리곤이 가장 높은 빈도로 나타났다(Fig. 4, c와 d). 오리나무 개체들의 폴리곤 크기의 빈도 분포는 정규분포 곡선에 대비되는 hollow 곡선으로 나타났다 (Fig. 4 c와 d). 한편, 각 개체의 폴리곤 크기와 높이 그리고 그루터기 수에 대한 삼차원 도식에서 폴리곤 크기가 큰 경우는 개체의 높이가 크고 그루터기 수가 적은 경우에 나타나기도 하지만(Fig. 4 e), 그러한 경향성을 항상 나타내지는 않았다(Fig. 4 f).

이러한 결과들은 전체 오리나무 1491개 개체에 대한 각 개체의

폴리곤 크기와 높이 및 그루터기 수와의 상관관계 분석에서도 특정 경향성을 발견할 수 없었던 것과 일치하였으며, 결국 본 연구의 대상이 된 오리나무 개체군은 산지습생림으로 발달해 가는 천이 초기상의 전형적인 양식을 보여주고 있는 것이다.

한편 습원 인접 산지의 선상지형의 계곡부에는 오리나무-등의나물군락의 분반이 관찰되며, 수고가 6 m 이상의 대경목에 해당하는 오리나무 독립수가 생육하고 있었다. 이들 오리나무 개체들은 모두 분주를 형성하지 않는 1주의 형태를 가지고 있었다. 그러나 연구 대상이 된 습원 내의 오리나무 개체는 최초 발아 및 치수 (0.3m 이하)에서는 모두 1주를 형성하고 있었으나, 분주를 형성하고 있는 개체는 모두 높이가 0.4m 이상의 개체들이었다. 한편, 습원에 발달하는 극상의 오리나무 습생림은 복수의 분주(맹아)로 이루어진 개체들로 이루어져 있는 것으로 알려져 있다 (Kanda and Hoshi 1982, Shinsho *et al.* 1995). 이것은 통기성이 불량한 습원에서 생육하는 오리나무는 *Frankia* 속의 호기성 질소고정 박테리아와의 공생으로 통기성이 양호한 지표면 가까이 근권이 발달한다. 따라서 개체 성장에 따른 지상의 거대화로 1개 분주로 이루어진 대경목은 상대적으로 그루터기 형의 개체보다 도목되기 쉽기 때문이다. 즉 복수의 분주로 다발 형태를 가지고 있는 대경목은 도목의 가능성이 낮기 때문이다. 따라서 정족산 습원 일대에서 관찰되는 오리나무 개체군은 오리나무 우점의 극상림으로의 천이가 급속히 진행되고 있는 상관으로 판단된다.

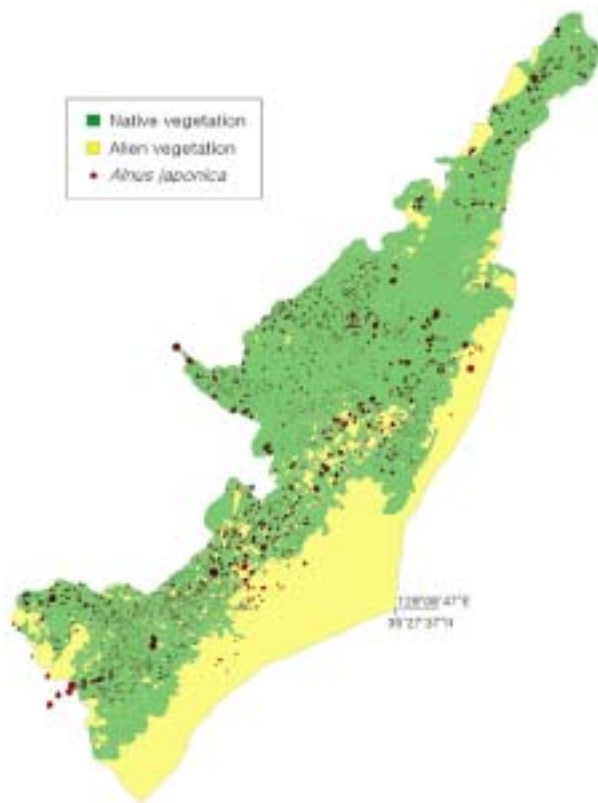


Fig. 2. Distribution of *Alnus japonica* in Woong-neup of Mujechi moor in 1996. Cover types such as needle spike-rush type, moor-grass type, and alder-moor type in Fig. 1 are involved into the native vegetation, others into the alien vegetation.

적 요

중간습원 무제치 습원의 현존식생도와 오리나무 개체군의

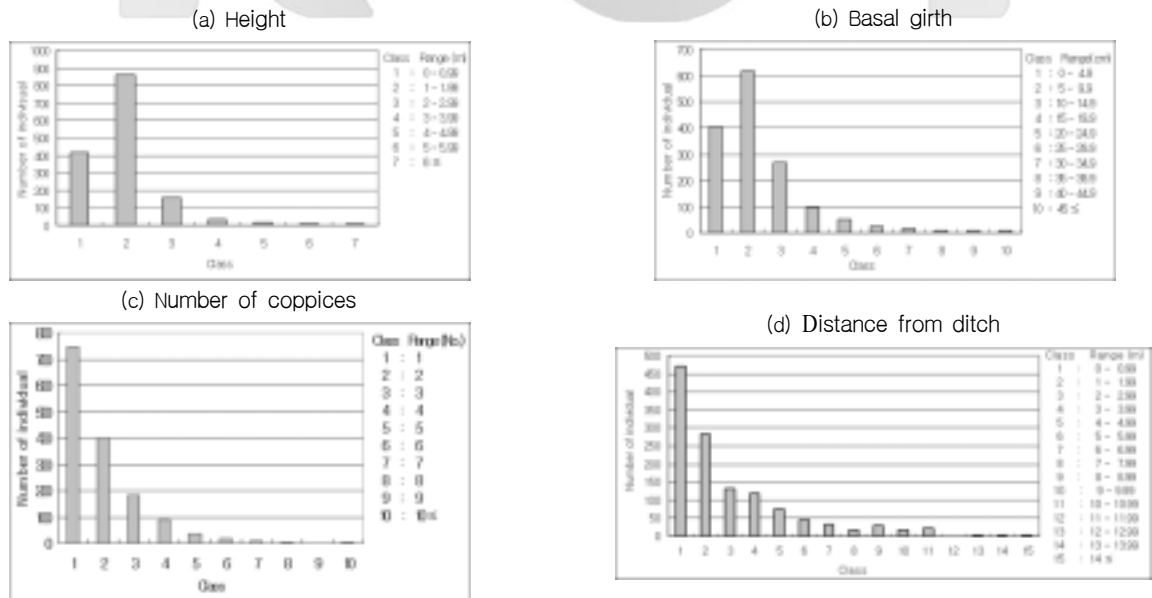


Fig. 3. Structures of *Alnus japonica* population in Woong-moor.

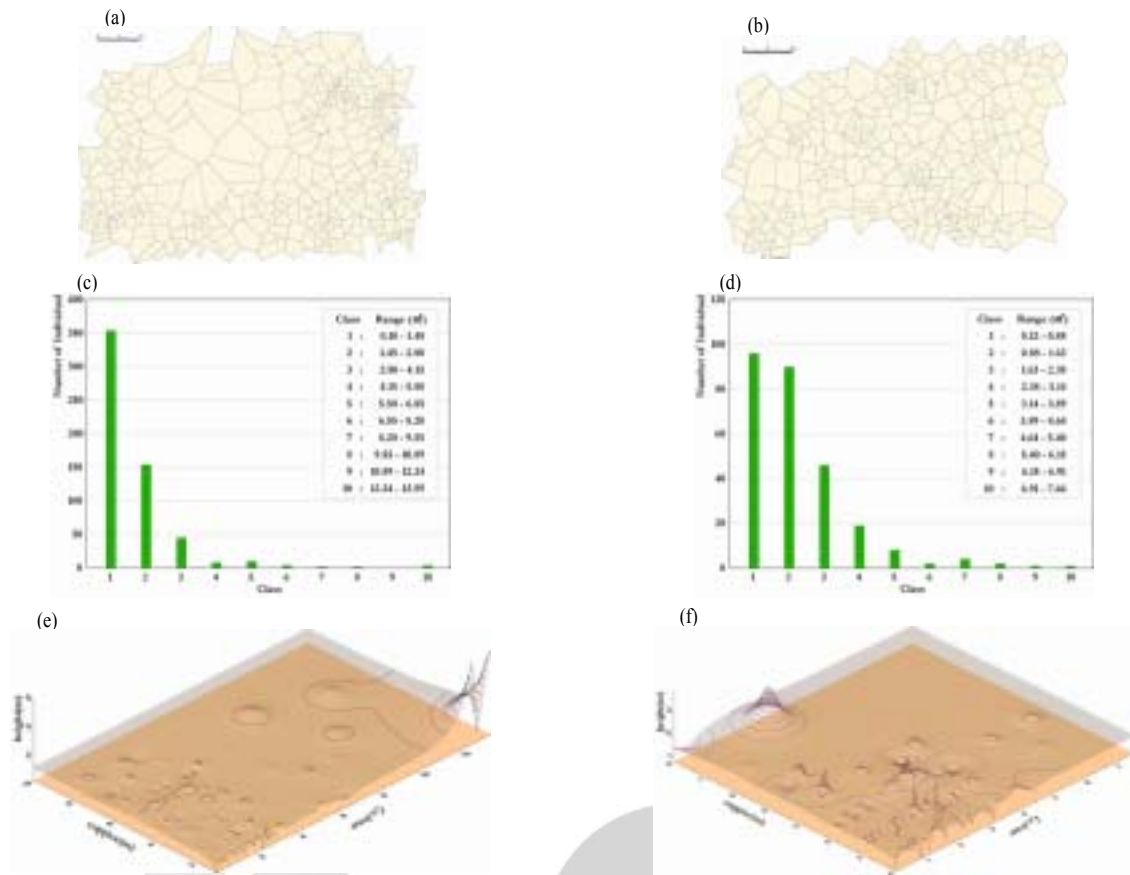


Fig. 4. Distribution of individuals of *Alnus japonica* settled on two upper parts of the Woong-neup. Each individual is represented by a point (a and b). The spatial distribution of individuals can be described by drawing 'Thiessen polygons', in which polygon sides are drawn at right-angles through the mid-point of lines joining neighbouring individuals. The frequency distribution of polygon area (territoriality size) showed hollow curve (c and d). Frequency distribution of polygon areas in relation to both number of coppice and distance from ditch is incoherent.

공간적 분포양식을 규명하였으며, 그 보존을 위한 생태학적 정보를 발굴하였다. 자늱과 웅늱의 1:100 실측지형도 상에서 총 3,036개의 격자(5m × 5m)를 이용하여 1996년 상세 현장조사가 이루어졌다. 현존식생도는 쇠털골형, 진퍼리새형, 오리나무형, 억새형, 삼림형 그리고 개방나지 등의 6 가지 식생범례로 제작되었으며, 습원 고유의 진퍼리새형과 비고유의 억새형이 가장 넓은 면적을 차지하고 있었다. 오리나무 1,491개체에 대한 매목 조사와 티센망도(thiessen polygons) 분석으로부터 오리나무 개체군의 발달은 습원의 훼손(토사 및 산화 등)으로부터 매우 급속히 진행되고 있는 것으로 나타났다. 웅늱은 자늱에 비하여 보다 온전한 구조로 유지되고 있는 중간습원으로 평가되었으나, 자늱과 웅늱 모두 다년생 목본 식물중에 의한 산지 참나무림과 오리나무 우점의 산지 습생림의 발달에 의한 진퍼리새군강으로 대표되는 중간습원의 입지환경 변화와 그 소멸이 급격히 진행되고 있었다. 결국 진퍼리새군강의 중간습원 보존은 임도와 산불에 따른 토양의 부영양화에 대한 응급조치가 필요함이 지적되었다.

인용문헌

강상준. 1970. 대암산 고층습원의 생태학적 연구. 식물군락과 토양과의 관계. 식물학회지 13: 20-24.
 고재기, 이은복, 전의식. 1995. 수원 칠보산 습원의 식생과 습원 및 주변부의 식물상. 자연보존 89: 39-50.
 김종원, 남화경. 1998. 논경작지 식생의 군락분류 및 군락생태학적 연구. 한국생태학회지 21: 203-215.
 김종원, 김중훈. 2003. 울산 무제치습원의 식생: 군락분류와 군락생태. 한국생태학회지 26: 281-287.
 최기룡, 고재기. 1989. 대암산 습원의 식생. 한국생태학회지 12: 237-244.
 Eastman, J.R. 1995. IDRISI for Windows. Clark University. 106 p.
 Kanda, F. and H. Hoshi. 1982. *Alnus japonica* population around and in high moors in Kushiro moor. Journal of Hokkaido University of Education in Japan (Section IIB) 33: 19-31.
 Shinsho, H., T. Tsujii and N. Miyaji. 1995. Note on the alder thickets - *Alnus japonica* Steud. - in Kushiro marsh, eastern Hokkaido IV. Memoirs of the Kushiro City Museum in Japan 19: 31-38.
 (2005년 2월 27일 접수; 2005년 4월 19일 채택)