

제주도 저지대 목밭 식물군락의 2차 천이

유영한* · 이창석¹

국립환경연구원 생물다양성연구부 생태계조사단

¹서울여자대학교 환경생물학부

적 요: 제주도의 저지대 목밭에서 일어나는 2차 천이의 특성을 밝히기 위하여 식생의 높이, 생육형, 종풍부도와 종다양성지수, 식피율, 우점도지수의 변화를 조사하고, 그 결과를 내륙의 결과와 비교하였다. 또한 시간의 경과에 따른 전체적인 식생의 변화를 알아보기 위하여 다변량통계기법을 사용하였다. 제주도 목밭의 식생천이의 특징은 내륙에 비하여 종수가 적고, 식생의 높이가 낮고, 초본층이 우점하는 기간이 길고, 종다양성지수의 변화 유형이 다르고, 천이후기종의 출현이 매우 늦었다. 우점종에 의한 식생천이 계열은 주름잎(0.5~1년) → 큰망초(2년) → 쭉(4년) → 쭉-낭아초(5년) → 짚레꽃-참억새(8년) → 참억새(12년) → 다년생초본-관목(15년) → 예덕나무(20년) → 까마귀쪽나무 또는 후박나무(20년 이후)로 추정되었다. 유집분석(Cluster analysis), Twinspan에 의한 분류와 주성분분석(PCA)에 의한 배열의 결과 목밭은 초기목밭(0.5~1년차), 중기목밭(2~8년차)와 후기목밭(8~20년차)의 세 집단으로 시간 경과에 따라 구분되었다.

검색어: 목밭, 우점종, 이차 식생천이, 제주도, 천이계열

서론

목밭은 2차 천이가 일어나는 곳이다. 생태학의 주요한 개념의 하나인 천이의 기작과 이론 등이 목밭의 연구로부터 나왔다. 외국에서는 한 곳의 목밭에 대하여 장기적 관찰과 실험적 처리에 의한 생태계의 변화를 주로 연구하고 있으며(De Steven 1991, Tilman 1988), 우리나라에서는 단기간이지만 군락속성의 변화, 교란에 대한 반응과 식물전략의 변화와 생태학적 복원에의 활용 등(이 1981, 강과 이 1982, Kang 1982, 옥 1984, 이 1995, Lee and Kim 1995, Lee *et al.* 2002)이 연구되었다.

한편 본 연구의 대상지인 제주도(섬)는 고립된 생태계이다. 섬은 생물지리적, 생태학적 과정이 육상생태계에서 일어나는 것과 매우 다르다. 그 결과 섬의 생물종과 생물군집은 많은 뚜렷한 특성을 가짐으로써 지구적으로 볼 때 가장 많은 절멸된 종이 나타나는 곳이 섬이다(Muller-Dombois *et al.* 1981).

제주도에서 목밭이 있는 곳은 주로 해발 100m 이하의 저지대이다. 이곳은 제주도에서 인간의 간섭과 교란을 가장 크게 받고 있는 곳 중의 하나이다. 또한 기후대로 볼 때 난대상록활엽수림이 분포하는 곳으로, 이들 식물의 정착을 연구하기에 적합한 곳이다. 또한 목밭의 천이에 대한 연구결과는 제주도의 저지대에서 많이 나타나는 훼손된 생태계의 복원에도 활용할 수 있을 것이다. 현재까지 제주도와 한라산 식물의 수직분포나 아고산대의 식생에 대한 연구는 있으나(차 1969, 임 등 1990, 강 등 1997, Song and Nakanishi 1985, Kim *et al.* 1999), 목밭에 대한 연구는

없다.

본 연구는 제주도 목밭에서 일어나는 식물군락의 천이를 연구하여 그 결과를 내륙의 목밭에서 밝혀진 것과 비교를 통하여, 제주도 고유의 2차 식생 천이의 특성을 규명하고자 시도되었다.

조사지역이 위치한 제주도는 바람과 흐린 날이 많은 다변성 기후와 기온의 연교차가 작은 해양성 기후를 나타낸다(수로국 1991). 조사한 목밭은 제주도 북제주군 조천읍의 조천리와 신촌리 일대에 위치한다(33°31'10"E~33°32'00"E, 126°37'30"N~126°38'00"N). 조사지소들은 한라산의 동북쪽에 위치하고, 해발고도는 40~80m 내외이며, 식생대로 볼 때 난대상록수림 지역에 해당한다(차 1969).

이 곳의 모양은 화산활동에 형성된 현무암이고, 주변의 토양은 화산회토, 적황색토, 미사질식양토로 주로 구성되어 있고, 공극이 커서 통기성과 배수성이 높고, 약산성이며 유기물함량은 2% 내외이다(제주도 1997).

조사지의 목밭 면적은 0.8~1.5ha이고, 해안으로부터 500~800m 떨어져 있으며, 주변의 토지는 굴 과수원, 마늘이나 콩 등을 재배하는 밭으로 이용되고 있어 주변에 천이를 선도하는 목본식물의 공급원인 숲은 없다.

조사 방법

식생조사는 2001년 3월부터 9월까지 실시하였다. 영구방형구(1m × 1m/2m × 2m)를 2001년 3월에 설치하고, 피도를 5월과 8월에 Braun-Blanquet(1932) 척도계급으로 측정하였다. 조사지소

* Corresponding author; Phone: 82-32-560-7283, e-mail: you8432@yahoo.com

의 수는 0.5년, 1년, 12, 15, 20년의 목밭은 한 곳이고, 2년은 3지소, 4년은 4지소, 5년은 3지소, 8년은 3지소이다. 각 조사지소의 크기에 따라 방형구의 반복 횟수는 10회~20회이었다.

식생 천이에 따른 군락의 특성을 파악하기 위하여 식물의 생활형을 1~2년생 초본, 다년생 초본, 목본식물로 구분하고, 총 식물의 종 수, Simpson 우점도지수(Simpson 1949)와 균등성지수(Shannon-Wiener 1949)를 구하였다. 또한 목밭년도 간에 나타나는 식물군락의 분류는 유클리드거리(Euclidian distance)를 구한 후 비가중산술평균(UPGMA, Unweighted Pair-Group Mean Average)으로 유집(clustering)하고, 2회 이상 출현하는 식물의 피도값을 이용하여 TWINSpan(Hill 1979)으로 분석하였다.

목밭 년도에 따른 식물군락의 전체적인 경향성은 종의 피도값으로 상관계수를 이용한 주성분분석(PCA, principal component analysis)으로 배열하고, 이로부터 얻은 상위 고유치 2개 주성분값과 군락특성의 요인과의 상호관계를 다중회귀로 분석하였다. 유집분석, 주성분분석은 피도척도값의 중간값을 이용하였다. 이상의 통계학적 분석은 STATISTICA(Statsoft Inc. 1997)를 이용하였다.

결과 및 논의

시간 경과에 따른 군락속성의 변화

시간의 경과에 따라 우점도지수를 제외한 나머지 군락 속성들은 대체로 증가하는 경향성을 보였다(Fig. 1). 식생의 높이는 목힌 시간의 경과에 따라 대체로 증가하였지만, 그 키(3m)는 내륙인 강원도 평창의 목밭(20년 7m; 이 1995)보다 매우 낮았다. 이와 같이 육지에 비하여 키가 작은 것은 제주도의 바람에 의한 영향과, 교목층을 형성할 수 있는 나무가 육지에서는 빠르게 출현하지만(2년; 이 1995, 3년; 이 1981), 이 목밭에서는 늦게(8년) 정착되어 아직 충분히 자라지 못하였기 때문으로 판단된다. 종다양성지수는 5년에 가장 높았다가 감소한 후 15년부터 다시 안정화되는 경향성을 보였는데(Fig. 1 bottom), 이것은 내륙의 6~20년에서 급히 증가하는 것(이 1995)과 다르다. 종풍부도는 15년에 25종으로 최대를 보이지만(Fig. 1 top), 육지에서는 약 72종(이 1995)을 보임으로써 제주도의 목밭의 종풍부도는 매우 낮은 것으로 판단된다. 이와 같은 현상은 주변의 자연생태계(숲)와 단절이 일어나서 이곳으로 유입될 수 있는 종자원이 없기 때문으로 판단된다. 반면에 우점도의 변화는 목힌 후부터 급히 감소되어 안정화되었는데(Fig. 1 bottom) 이러한 경향성은 내륙의 목밭에서도 일반적으로 나타나는 현상이다.

식생의 높이, 전체 피도, 다년생초본의 피도, 목본식물의 피도, 종풍부도지수와 종다양성지수는 시간이 경과한 년도에 따라 양의 상관으로 증가하는 경향을 보였으나 1년생 초본의 피도와 Simpson 우점도 지수는 그 반대로 시간이 경과한 년도에 따라 오히려 음의 상관으로 감소하였다(Table 1).

12년 목밭에서는 종풍부도와 생물종다양성지수가 크게 감소하여 다소 이질적인 경향을 나타내었다. 이러한 결과는 이 목밭

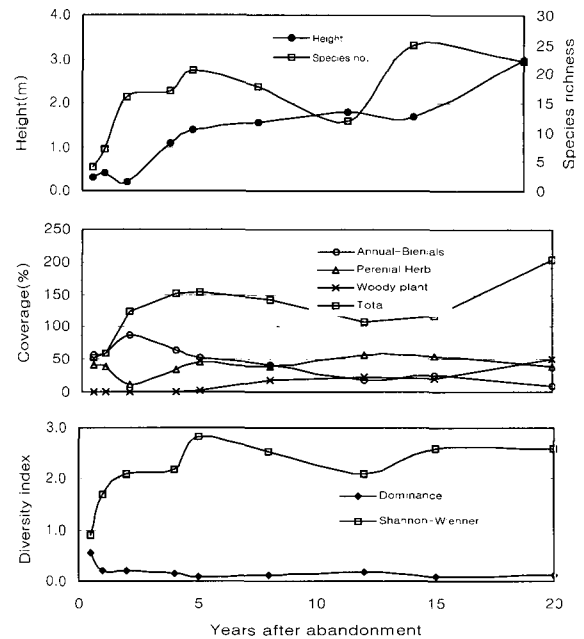


Fig. 1. Changes of vegetation height, species richness, coverage, species diversity, dominant index during abandoned field succession in Cheju Island.

이 다른 목밭에 비하여 참억새, 짚레꽃과 쉼 등의 소수의 다년생 덩굴식물에 의하여 우점되었기 때문으로 판단된다(Table 2). 이러한 목밭에서는 지표면으로 무성번식하는 식물로 인하여 피도가 높고, 외부로부터의 종자의 유입이 어려우며, 발아하더라도 피음이 되어 생장이 느리기(Olson 1987) 때문으로 판단된다.

생육형별 피도에 의한 우점도의 변화를 보면, 방치후 2년까지는 1~2년생 초본인 주름잎, 큰망초 등이 우점하고, 4~15년까지는 다년생 초본인 쭉, 참억새와 모시풀과 관목성의 짚레꽃과 낭야초 등이 우점하였다. 20년에는 목본인 예덕나무가 우점하였다(Table 2). 이러한 생육형의 변화는 목밭 천이의 일관적인 경향성이나, 우점종 중 망초류와 참억새가 천이단계에서 나타난다는 것을 제외하고는 내륙의 2차 천이 연구결과와는 매우 다른 것이다. 특히 0.5년에 1년생 주름잎이 우점하는 것은 이곳의 광량이 많아서 키가 작은 식물의 경쟁력이 높기 때문으로 판단된다(Tilman 1988). 그러나 그 구체적인 이유를 알기 위해서는 목밭의 일시적인 동태와 토양의 질소와 같은 영양소 축적에 대한 분석(Tilman 1988)이 있어야 할 것으로 판단된다.

목본군락의 천이를 주도하는 교목성 나무(예덕나무)의 침입은 8년 부터 나타났다. 특히 20년에는 우점종으로 나타났는데, 이와 같이 상록활엽수림이 예상되는 지역에서 낙엽수가 우점하는 것은 이 목밭이 인위적인 간섭에 의하여 영향을 받고 있기 때문으로 판단된다. 이 지역의 잠재자연식생의 우점종으로 예상되는 까마귀쪽나무와 후박나무(임 등 1990)는 20년목밭에서 출

현하였다. 이는 이곳의 목밭을 더 오래 방치하면 이 두 종에 의하여 우점되는 식물군락으로의 천이가 진행될 것을 시사하는 것이다. 이상의 우점종에 의한 제주도 저지대 목밭의 식생천이 계열은 주름잎 → 큰망초 → 쑥 → 다년생 초본과 덩굴식물 → 예덕나무 → 까마귀쭈나무 또는 후박나무로 진행될 것으로 예측된다.

시간경과에 따른 군락분류와 배열

비가중평균법(UPGMA)에 의한 군락의 유사 정도는 대체로 초기의 목밭인 0.5년, 1년과 2년이 가장 가깝게 위치하고, 후기에 해당하는 12년과 15년이 서로 유사하게 묶였다. 8년 목밭은 목밭의 지소에 따라 매우 이질적으로 서로 다른 무리에 유집되었다. 가장 이질적인 집단은 20년 목밭으로 나타났다(Fig. 2).

표징중에 의한 군락의 구별은 개쭈갓과 진득찰이 출현하는 0.5년과 1년, 이 두종이 출현하지 않는 나머지 목밭으로 구별되었다(Fig. 3). 유집분석에 의한 분류결과보다 목밭의 연도를 더 잘 반영하여 구별되었다(Fig. 3). 2년~8년 목밭까지의 중기 목밭의 무리(Group I), 8년~20년 후기 목밭의 무리(Group II)와 0.5년과 1년의 초기 목밭의 무리(Group III)로 각각 구별되었다(Fig. 3).

주성분 분석에 의한 목밭의 배열을 보면 2축의 하단부에 8~20년의 후기 목밭(Group II)이 분포하고, 1축의 왼쪽과 2축의 상단부에 2~8년의 중기 목밭(Group I)이 나타나고, 1축의 오른쪽과 2축의 상단부에 0.5년과 1년의 초기목밭(Group III)이 위치하였다(Fig. 4). 이러한 배열법의 분류결과와 유집분석의 분류(Fig. 2) 보다는 표징중에 의한 분류유형(Fig 3)과 매우 유사하였다.

군락의 속성요소에 의한 주성분값의 설명력을 보면 주성분1

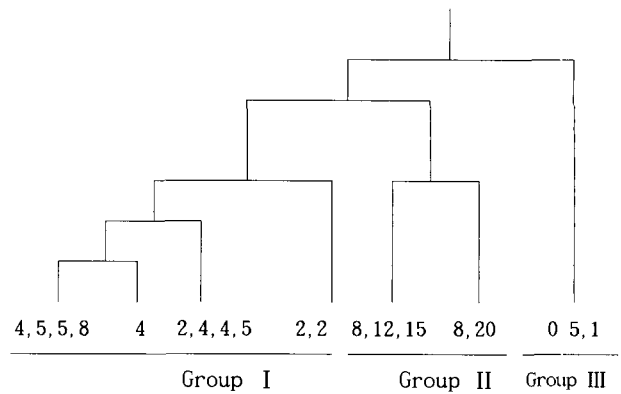


Fig. 3. TWINSpan classification of 18 abandoned fields in Cheju Island. Numerals represent years since abandonment.

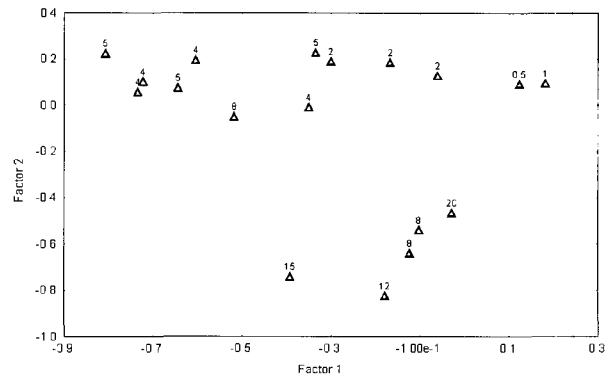


Fig. 4. PCA ordination 18 abandoned fields in Cheju Island. Numerals represent years since abandonment.

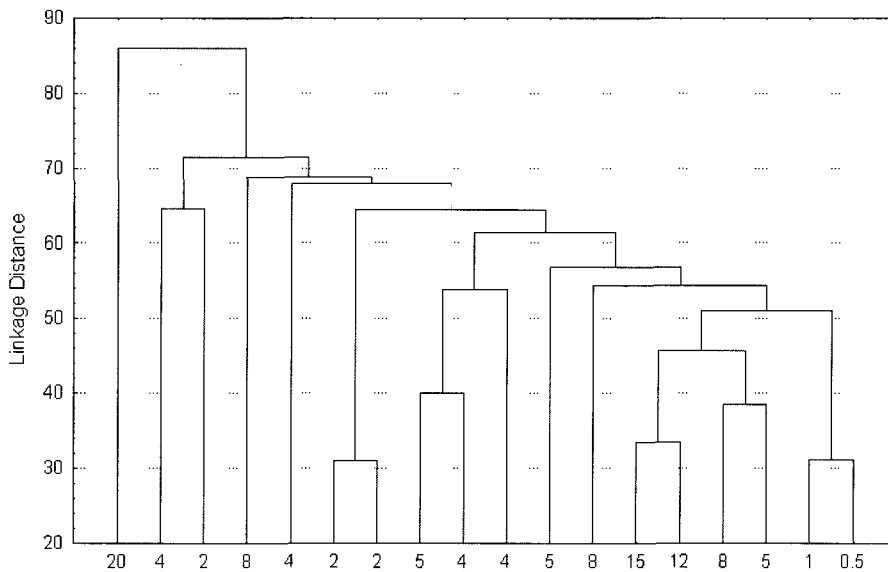


Fig. 2. UPGMA clustering of 18 abandoned fields in Cheju Island. Numerals represent years since abandonment.

Table 3. Beta value of linear multiple regression between community attributes and first two axis of principal component analysis

Community attributes	Axis I	Axis II
Years since abandonment	-0.73	-0.30
Height	- .02	0.66
Total coverage	-1.28**	-0.14
Coverage of annual-biennial	13.74	-5.12
Coverage of perennial herb	9.40	-4.05
Coverage of perennial vine	6.13	-2.97
Coverage of woody plant	6.99	-2.43
Species richness	-0.25	0.05
Shannon diversity index	-0.11	0.47
Simpson's dominance index	-0.69	0.48
R^2	0.74**	0.82**
Eigenvalue (% of variance explained)	3.42(19.0%)	2.14(11.9%)

** Significant at 0.05.

축을 74%(F(2,15)=4.73, p<0.025), 주성분2축을 82%(F(2,15)=40.52, p<0.000)나 설명하였다(Table 3). 그러나 군락의 속성요소 중 식분의 전체 피도값이 주성분1축과 유의한 관련성이 있었을 뿐 나머지는 모두 유의성이 없었다. 이와 같이 주성분 분석에 의한 목발의 배열이 전체적으로는 설명력이 높으나 군락의 개별적 속성과 관련된 유의성은 거의 나타나지 않은 것은 이들 속성이 거의 균등하게 영향을 주고 있기 때문으로 판단된다.

인용문헌

강상준, 이종태. 1982. 산화적지의 식생회복에 관한 생태학적 연구. 한국생태학회지 5: 54-62.
 수로국. 1991. 한국연안수로지 제2권(남해안편), 서지 제 2호. 대한민국수로국, 인천. 246 p.
 옥영호. 1984. 목발의 천이초기에 있어서 토양의 성질, 종다양성 및 r-k 선택의 변화. 서울대 석사학위논문. 43 p.
 이규송. 1995. 진부(강원도 평창군) 일대 화전 후 목발의 식생 천이 기구. 서울대 박사학위논문. 236 p.
 이희선. 1981. 화전후 휴경지의 식생천이에 관한 연구. 청주사대 논문집 10: 177-185.
 임양재 · 김정언 · 이남주 · 김용범 · 백광수. 1990. 한라산 국립공원의 식물군집의 식물사회학적 분류. 한국생태학회지 13: 101-130.

제주도. 1997. 제주도 중간산지역종합조사 자료집. 402 p.
 차종환. 1969. 한라산 식물의 수직분포. 한국식물학회지 12: 161-171.
 Braun-Blanquet, J. 1932. Plant sociology: the study of plant communities. New York: McGraw-Hill.
 De Steven, D. 1991. Experiments on mechanism of three establishment in old-field succession: Seedling emergence. Ecology 72: 1066-1075.
 Hill, M. O. 1979. Twinspan-a fortran program for arranging multivariate data in an ordered two-way table by classification of the individuals and attributes. Ithaca, N.Y. Cornell University.
 Kang, S. J. 1982. Ecological studies on the burred fields in Korea. Tohoku Univ. Ph.D. thesis 103 p.
 Kang, S. J, A. K. Kwak and T. Kikuchi. 1997. A phytosociological description of the *Abies Koreana* forest on Mt. Halla in Cheju Island, Korea. Korean J. Ecol. 20: 293-298.
 Kim, M. H., M. Yoshikana and T. Hukusima. 1999. Studies on the floristic composition and succession of the shrub communities at the summit of Mt. Halla, Cheju Island, Korea. Korean J. Ecol. 22: 325-335.
 Lee, K. S. and J-H. Kim. 1995. Seral changes in floristic composition during abandoned field succession after shifting cultivation. Korean J. Ecol. 18: 275-283.
 Lee, C-S, Y-H. You and G. R. Robinson. 2002. Secondary succession and natural habitat restoration in abandoned rice field of central Korea. Restoration Ecology 10: 306-314.
 Muller-Dombois, D., K. W. Bridges and H. L. Carson. 1981. Island ecosystems. Academic Press, New York.
 Olson. E. G. 1987. Effects of dispersal mechanism on the initial pattern of old-field forest succession. Acta Oecological/Ecol. Gener 8: 379-390.
 Shannon, C. E. and W. Wiener. 1949. The mathematical theory of communication. Urbana, IL. University of Illinois Press. 117 p.
 Simpson, G. H. 1949. Measurement of diversity. Nature 163: 688.
 Song, J-S. and S. Nakanishi. 1985. Phytosociological study of the subalpine forest on Mt. Halla of Cheju Island, Korea. Japanese J. Ecol. 35: 317-328.
 Statsoft Inc, 1997. Statistica for window(version 5.1). Tulsa, USA.
 Tilman, D. 1988. Plant strategies and the dynamics and structure of plant communities. Princeton Univ. Press. 381 p.
 (2003년 7월 25일 접수; 2003년 8월 13일 채택)

Early Vegetation Succession in Abandoned Field in Cheju Island

You, Young-Han and Chang-Seok Lee¹

Department of Biodiversity, National Institute of Environmental Research, Incheon 404-170.

¹*Faculty of Environment and Life Sciences, Seoul Women's University, Seoul 139-774, Korea.*

ABSTRACT : In order to clarify the successional trend and its characteristics of plant community in abandoned field in Cheju Island, we investigated the seral changes of vegetation height, coverage, growth form, species richness, diversity and dominance index along with the time lapse, and then compared with those of mainland researches. And in order to seek the overall trend of vegetation changes, we used cluster, TWINSpan and PCA ordination techniques. The succession was characterized by the lower species number, lower vegetation height, longer period of herb dominant and later invasion of tree species. These results may come from that ecological traits of Cheju Island itself, and ecosystem fragmented influences that block a seed (propagule) transport. Sere of the dominant species was shown as follows: *Mazus japonicus*(0.5~1 years) → *Conyza sumatrensis* (2 years) → *Artemisia princeps* var. *orientalis*(4 years) → *Artemisia princeps* var. *orientalis*, *Indigofera pseudotinctoria*(5 years) → *Rosa multiflora*, *Miscanthus sinensis*, etc.(8 years) → *Miscanthus sinensis*(12 years) → *Boehmeria nivea*, *Pueraria thunbergiana* etc.(15 years) → *Mallotus japonicus*(20 years) → *Litsea japonica*, *Machilus thunbergii* (20 years<). Abandoned fields were classified into three groups according to time lapse; earlier stage(0~1 years), middle stage(2~8 years) and later stage(8~20 years).

Key words : Abandoned field, Cheju Island, Dominant species, Seral change, Vegetation succession
