

서해안 겨울철 수조류의 발생특성 유형화

Distribution patterns of waterbirds at western costal area of the Korean peninsula

남형규, 이후승, 이기섭, 유정철, 박영석
경희대학교 생물학과, 한국조류연구소

우리나라에는 서해안에 강 하구, 간석지 등을 포함하는 많은 습지지역이 있으며 이들은 많은 수조류에게 중요한 서식처가 되며, 여러 가지 생태학적 요인들로서도 중요한 위치를 차지한다. 서해안의 넓은 간석지와 주요 강 하구, 논, 저수지 등은 수조류에게 좋은 휴식 및 취식 장소로 제공되고 있다. 간석지는 해양 무척추동물의 생산력이 높아 수조류에게 좋은 서식지를 제공해 준다(Reise 1985).

간석지에 대한 대규모 간척사업은 조류의 서식지에 많은 변화를 가져왔다(이 2000). 서해안의 습지는 인간 활동의 지속적인 영향을 받으면서 많은 변화가 있었다. 이러한 변화에도 불구하고 우리나라의 습지에 도래하는 수조류의 생태적 특성에 대한 조사는 1997년 이후에서야 환경부에서 전국적인 동계 조류조사를 시행하고 있으며, 전국에 1,000,000 개체 이상의 수조류가 월동한다는 것과 서해안지역의 중요성이 알려졌다(환경부 1997 & 1999, 김 등 1999). 그러나 수조류에 대한 연구는 대부분 조사지역에서 발생하는 종의 개체수를 확인하는데 그쳤으며, 수조류의 발생특성을 시간적, 공간적으로 분석하고 그 발생 특성을 평가한 예는 희소하다.

효율적인 생태계 관리는 현재의 생태계 상태를 정확하게 평가하고, 그 관리 대책을 수립하는 것이다. 그러나 생태계 자료는 복잡하고 비선형적이어서 전통적인 통계법으로는 분석하기 힘든 점이 많았다. 생태계의 체계적 관리를 위해서는 종합적, 적응적, 자기조직적인 방법이 요구되는데, 이러한 복잡한 자료의 정보를 효과적으로 추출할 수 있는 생태정보학(ecological informatics) 방법이 이용된다. 생태정보학 분야에서 가장 많이 사용되는 방법 중의 하나는 인공신경회로망이다. 생태현상은 기본적으로 emergent property, 확률과정, 비선형성 등을 내재하고 있으므로 적응성, 자체조직성 등을 가지고 있는 인공신경회로망 계산법 원리가 효율적으로 적용될 수 있다. 따라서 본 연구에서는 생태정보학

적 기법을 이용하여 우리나라 서해안 지역에 도래하는 수조류의 시공간적 발생 특성을 유형화함으로써 우리나라 습지의 효율적인 관리 및 정책 결정을 위한 근거를 제공하고자 한다.

수조류 조사는 우리나라 서해안 및 연안 내륙습지 10개 지역(Fig. 1)에서 1996년부터 1997년까지 가을부터 이듬해 봄까지 수행되었다, 특히 수금류가 많이 도래하는 12월부터 3월까지의 10월부터 이듬해 4월까지 월1~2회 실시하였으며, 10월부터 이듬해 5월까지의 우리나라에서 수조류의 월동기간과 통과기에 해당하는 시기이다. 조사는 매월 1-2회, 10개지역 99지점에서 조사가 진행되었다.

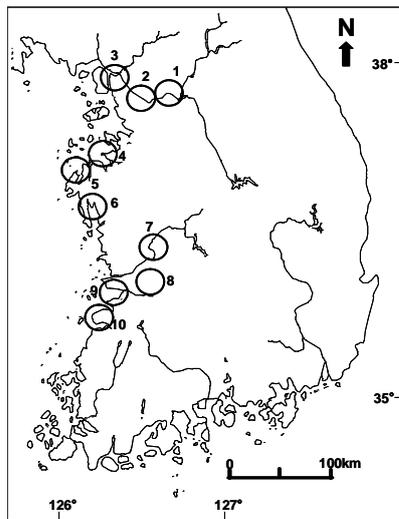


Fig. 1. 서해안 주요 수조류 주요 조사지역. 1.한강본류, 2. 한강하류, 3. 임진강, 4. 아산만, 5. 대호방조제, 6. 천수만, 7. 금강, 8. 논산저수지, 9. 만경강, 10. 동진강

대부분의 수금류는 낮 동안 수면과 배후 습지에서 관찰되기 때문에 이 지역을 중심으로 관찰하였다. 그리고 일부 오리과 및 왜가리과 조류, 섭금류, 두루미류 등은 논에서도 관찰되기 때문에 관찰 가능한 주변 논 지역에서도 조사하였다. 관찰 도구는 망원경(fieldscope, 20 배에서 60 배)에 삼각대를 설치하여 이용하였고, 가까이 있거나 이동 중인 조류는 쌍안경(7 배에서 10 배)을 사용하였다. 월동 수조류에게 영향을 끼칠 수 있는 환경 요인을 관찰된 지역에서 반경

2km내에 존재하는 모든 인자를 모래섬(Sandland), 농경지(Agricultural area), 인공구조물(Artificial area), 수부(Water area), 숲(Forest), 간석지(Tidal)로 나누어 분류하였다.

비지도학습법 인공신경회로망인 self-organizing map (SOM; Kohonen 1982)을 이용하여 수조류 군집 자료를 시간적, 공간적 특성으로 유형화하였다. SOM은 자료탐색을 수행하므로 자료의 분류, 유형화, 시각화에 적절하다(Park et al. 2003a). 사전 가르침 없이(자료에 대한 선행적인 지식 없이) 자기조직적으로 주어진 자료의 구성요소들 특성에 따라 자료유형을 결정 할 수 있는 특징이 있다 (Fig. 2).

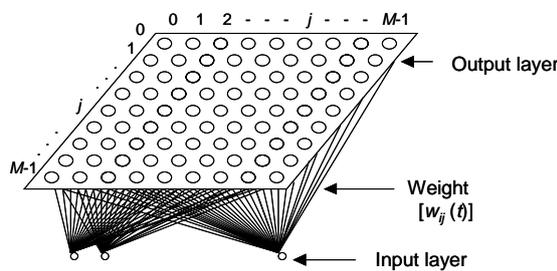


Fig. 2. 비지도학습법 인공신경회로망, self-organizing map (SOM) 모식도

수조류 군집자료를 SOM을 이용하여 유형화 하였고, Hierarchical cluster analysis로 그룹을 정의하였다 (Fig. 3-A, B). 모두 6개의 그룹으로 나뉘었으며, 각 그룹은 굵은 선과 Latin문자(I-VI)로 구분하였다. 그룹은 우선 크게 두 개의 그룹으로 나뉘는데, 상부(그룹 I, IV, V)는 아산만, 만경강, 동진강, 금강하구로 수질의 특성이 해수(Saltwater)인 지역이고, 하부 (그룹 II, III, VI)는 한강, 임진강, 천수만, 대호 등 담수(Freshwater)지역이 분포하였다 (Fig. 3-A). 즉 수조류의 군집구성이 결과적으로 담수와 해수의 공간적 특성에 따라 다르게 분포함을 의미한다. 도요새류와 갈매기류등 해수에 서식하는 종은 주로 상부에 분포하고 있으며, 백로류, 논병아리류, 오리류, 기러기류 등 담수에 서식하는 종은 하부에 분포하고 있다. 해수와 담수는 근본적으로 수질의 특성에 차이가 있지

만 이외에도 수조류의 먹이가 되는 어류나 해초류에도 차이를 나타낸다(Sch and Buger, 2001). 해수에 서식하는 수조류의 주된 취식장소는 갯벌이다. 갯벌은 지속적으로 어류와 패류, 갑각류 등이 분포한다. 원 등(1998)과 Long et al. (1988)등은 섭급류의 감소가 갯벌에서의 어류와 패류등 먹이자원의 감소와 연관된다고 보고하였다. 따라서 수질의 차이에 따른 먹이자원의 차이는 수조류의 군집구성에 영향을 줄 수 있다. 그림 3-B를 보면, 처음 2개로 나뉜 그룹은 다시 6개의 세부 그룹으로 나뉜다. 6개로 나뉜 그룹을 보면, I, II, III 그룹의 조사날짜가 모두 10월, 3월, 4월로써 조류의 이동시기와 일치한다. 반면에 IV, V, VI 그룹은 조사날짜가 모두 11월, 12월, 1월, 2월로써 조류의 Wintering과 일치한다. 즉 SOM에서 좌측영역은 수조류의 이동개체군, 우측영역은 월동개체군의 군집구성을 나타내고 있다. 이것은 수조류의 군집구성이 시간에 따라 차이가 발생함을 보여준다. 섭급류의 경우 매년 봄(3-4월), 가을(9-10월)에 한국의 서해안을 stopover site로 이용한다. 또한 한국을 월동지(wintering)로 하는 수조류의 경우 11월부터 도래하기 시작하여 2월경에는 모두 번식지역으로 이동한다. 따라서 시기에 따라 관찰되는 조류의 군집이 다르게 나타나는 것이다. 한국에서 관찰되는 수조류는 크게 통과조류, 월동조류, 번식조류로 구분할 수 있다. 이러한 군집구성의 차이를 SOM은 그룹의 구분을 통해서 설명해주고 있다. 또한, 수조류의 군집구성에 있어서 처음 2개의 그룹에서 6개의 그룹으로 나뉜 것은 수조류 군집구성이 수질의 특성에 따라 우선적으로 구분됨을 알 수 있다. 그리고 각각의 지역에서는 시기에 따라 구성이 다르게 나타남을 보여준다.

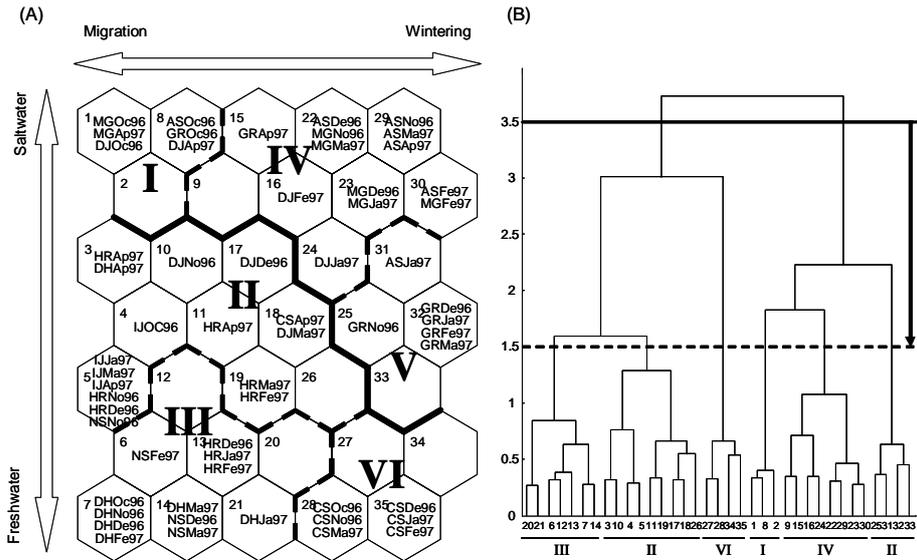


Fig. 3. SOM을 이용한 수조류 군집 유형화

수조류의 군집구성 및 분포에 영향을 주는 요인은 물리적 (날씨, 서식지 환경 등) 요인과 생물적 (먹이, 포식자 등) 요인이 작용한다. 먹이는 먹이구성이 다른 지역에 따른 수조류의 개체군 구성을 다르게 하며, 포식자는 개체군의 밀도를 조절한다. 또한 기후는 개체군의 도래나 분포를 시기에 따라 다르도록 영향을 준다. 서해안의 경우, 가을에서 봄까지의 기간 동안에 관찰되는 수조류에 있어서 군집구성에 가장 큰 요인은 수질의 특성과 시간에 따른 즉 기온의 차이에 따라 군집구성에 차이가 발생하는 것으로 알 수 있다. 그러나 농토의 개발 및 간척사업 등으로 그 차이를 밝히는 데에 어려움이 발생하는 것이다. 서해안은 갯벌과 내륙습지가 넓은 범위에 걸쳐 존재하며 다양한 저서 무척추 동물이 있어 조류에게 중요한 생활공간을 제공하는 역할을 한다. 특히 겨울 철새에게는 다음해 번식을 위해 준비하는 월동지로서의 역할을 하며, 통과조류에게는 먹이와 휴식을 제공하는 중간귀착지로서 작용한다. 그러나 개발 및 매립으로 중요 철새도래지의 면적이 점차 줄어들고 있으며, 이러한 조류 서식지의 파괴가 가장 큰 멸종위기의 원인이 되고 있다. 서해안의 일부 간척지는 간척사업에 의해 간척지가 소실되고 농경지를 형성하게 된다. 이는 간척지 보다 농경지와 수부를 주로 이용하는 VI 그룹에 나타난 종들에게는 긍정적인 효과를 보이지만 간

석지를 휴식과 취식공간으로 이용하는 그룹 I과IV에 나타난 종에게는 부정적인 영향을 끼칠 것으로 사료된다. 따라서 과도한 간척사업은 종 다양성의 측면에서는 바람직하지 않다고 할 수 있다. 환경부(1999)에 의하면 최근에 간척된 영암호와 해남 지역 등에 수조류의 도래수가 증가하는 것으로 알려졌다. 서해안은 수조류의 중요한 월동지이자 통과장소라고 할 수 있으나 수조류 보호를 위해서는 근본적으로 습지에 대한 재평가와 함께 더불어 습지에 대한 체계적인 보호계획이 병행되어야 할 것이다.