

# 조류에 의한 갯벌의 등급화 연구

## The study for grading of the mudflat by birds

이 기 섭\* / 김 미 란\*\* / 이 시 완\*\*\* / 이 한 수\*\*\*\*

Ki Sup Lee / Mi Ran Kim / Si Wan Lee / Han Soo Lee

### :: Abstract ::

This study was carried out to grade and evaluate the intertidal mudflat by birds. The mudflat was graded by two methods such as the scoring and ranking. First, for the scoring of the mudflat, five factors were estimated: population size, the number of protected species, the individuals of protected birds, the number of species(or subspecies) over 1% level of the survival population, and 1% level of the domestic population. After scoring of these five factors, the grade was scored by total. Second, for the ranking, six factors were estimated: population size, the density of birds, the index of species diversity, species richness, species evenness, and population stability. After ranking of these six factors, the grade was relatively ranked. Five grade by scoring was the important mudflat for the value of international preservation, and the most mudflats of the estuary gained V grade. The higher grades by ranking were the mudflats of Nakdonggang and Mankyunggang river estuaries. And the inner mudflats were more valuable than the outer mudflats in Mankyunggang & Dongjingang river estuaries. The grading of the mudflat by birds can be used for estimating and appointing of the important mudflats, and suggested the objective of criteria for the effective preservation and management.

**Keywords** : criteria, mudflat, ranking, scoring, value

### :: 요 지 ::

본 연구는 조류에 의한 갯벌 등급화 기준을 설정하여 갯벌을 평가하였다. 갯벌의 등급은 절대 등급화와 상대 등급화의 두 가지 방법이 시도되었다. 첫째, 절대 등급화는 개체수, 보호종, 보호종의 개체수, 생존 집단의 1%기준을 초과하는 종수, 국내 도래 집단의 1%기준을 초과하는 종수 등 5가지 기준 요인을 설정하였다. 이후 5개 기준의 합계 점수에 의해 갯벌 등급화를 시도하였다. 둘째, 상대 등급화는 도래 개체수, 도래 밀도, 종다양도 지수, 종풍부도 지수, 종균등도 지수, 안정지수 등을 구한 후, 상대 평가에 의해 갯벌의 순위를 부여하였다. 절대 등급이 V등급인 지역은 국제적으로 보전 가치가 있는 중요한 갯벌로 조사된 대부분의 하구 갯벌이 이에 해당되었다. 상대 등급에서는 낙동강하구와 만경강하구 갯벌이 가장 등급 가치가 높았다. 또한 동일 갯벌에 속하는 만경강하구와 동진강하구의 경우, 내측이 외측 바다 쪽 갯벌보다 더 가치가 높았다. 이와 같이 조류에 의한 갯벌 등급화는 국내 중요 갯벌 지

\* 정회원, 에코텍 환경생태연구소, E-mail: larus@hanmail.net

\*\* 비회원, 에코텍 환경생태연구소, E-mail: ruddyduck@hanmail.net

\*\*\* 비회원, 에코텍 환경생태연구소, E-mail: w3master@ecotech21c.co.kr

\*\*\*\* 정회원, 에코텍 환경생태연구소, E-mail: hslee@ecotech21c.co.kr

역의 판단과 지정, 그에 따른 효율적인 보호, 관리에 있어 객관적인 기준을 제시해 줄 수 있을 것으로 사료된다.

**핵심용어** : 가치, 갯벌, 기준, 상대 등급화, 절대 등급화

## 1. 서론

우리나라에 기록된 조류는 450종이며(이우신 등, 2000), 최근 몇 년간 많은 미기록종들이 추가로 기록되고 있다. 이중 습지를 이용하는 수조류는 40%를 넘으나(이기섭, 2000), 해양이나 해안, 혹은 갯벌을 이용하는 조류가 얼마나 되는 지에 대해선 잘 구분되어 있지 않아 연구가 필요한 실정이다.

우리나라 갯벌의 83%가 서해안에 분포하며(농어촌진흥공사, 1996), 1998년 현재, 약 2,393km<sup>2</sup>의 갯벌이 분포되어 있다(해양수산부, 1998). 그러나 1987년부터 1998년까지 810.5km<sup>2</sup>의 갯벌이 간척되었으며, 1998년 이후에도 계속 매립이 시행 중이거나 계획된 갯벌과 연안 수역의 면적은 1,250km<sup>2</sup>에 이르러, 최근 30년간 갯벌이 급속히 줄어들고 있는 실정이다(해양수산부, 1998; 홍재상, 1999). 갯벌은 많은 바다 동·식물들에게 서식지로서 중요할 뿐만 아니라 수산자원의 생산과 정화 및 홍수 조절 등의 중요한 기능을 수행한다. 특히 국내에 도래하는 많은 수의 조류가 갯벌에서 먹이를 구하며, 갯벌의 최종소비자나 상위소비자적 기능을 하고 있다. 조류가 많이 도래하는 갯벌은 그만큼 저서생물이 많이 서식함을 의미하며, 조류의 다양성은 저서생물의 다양성을 대변한다고 할 수 있다.

따라서 조류를 모니터링하는 것만으로도 손쉽게 갯벌의 가치를 판단하는 척도로 이용할 수 있으며, 갯벌의 등급화를 시도할 수 있을 것이다. 본 연구는 갯벌을 이용하는 조류를 먼저 구분하고 갯벌 조류의 종과 개체수 등 여러 요소들을 분석한 후에, 갯벌의 가치를 등급화 하고자 시도하였다. 이런 등급화를 통해 중요한 갯벌이 어떤 것인지 파악하고, 등급에 따라 향후 차별적인 보전전략을 세울 수 있을 것이다.

## 2. 등급 설정 연구

갯벌의 등급화를 위해 먼저 여러 문헌을 통해 우리나라에 도래하는 조류 중 갯벌을 이용하는 조류를 구분해 보았다. 갯벌 조류(mudflat birds)는 갯벌과 조간대 염습지에 서식하는 조류로 국내에 정확한 정의는 아직 없다. 이를 위해 갯벌에서 관찰, 기록된 조류를 문헌을 통해 확인하였다(Long 등, 1988; 원병오 등, 1988; 원병오 1990; 김은영과 원병오, 1993; 김화정과 원병오, 1994; 김한별, 1995; 박성근, 1995; 최영복과 정숙희, 1995; 김진한 등, 1997; 김진한, 1998; 김진한 등, 1999; 허위행 등, 1999; 이기섭, 2000; Kim, 2003). 또한 국내 출판된 여러 도감과 외국 도감 등을 참고하였다(Cramp와 Simmons, 1977; 원병오, 1981; Bhushan 등, 1993; 원병오, 1993; 이우신 등, 2000). 문헌조사를 바탕으로 확인된 국내 갯벌 조류는 20과 112종이었다. 이 중 Rose와 Scott(1994)의 정의에 따라 국내 갯벌에서 기록된 물새류(waterbirds)는 98종으로 대개의 논문들이 물새류에 국한하여 조사한 것이 많았다.

갯벌 조류를 이용한 갯벌의 등급화는 아직 국내외적으로 연구된 바가 없었다. 다만 람사협약기구에 의해 국제적 중요 습지를 정하는 데 조류에 대한 기준이 있었다(Ramsar Convention Bureau, 1997). 본 연구는 이 기준을 최대한 반영하여 등급화를 시도하였다. 등급화의 기준이 되는 생존집단의 1%와 국내집단의 1% 기준은 여러 문헌의 자료를 참고로 하였다. 생존집단의 경우, Delany와 Scott(2002)의 추정 수를 바탕으로 하였으나, 국내집단은 여러 센서스 자료를 활용하였다(환경부, 1997; 1998; 1999; 2000; 2001; 2002; 2003). 갯벌에 도래하는 물새류 중에서 미조(vagrant) 8종은 국내집단의 기준 설정에 의미가 없어 제외시켰다.

멸종위기종이나 보호종은 갯벌의 상태가 양호한 경우에만 도래하는 경향이 많았으며 개발 제한의 척도가

되고 있었다. 따라서, 등급의 결정에 있어 멸종위기종이나 보호종의 도래 정도를 등급 기준에 포함시키고자 하였다. 국제 멸종위기종이나 국내 보호종은 환경부 지정 멸종위기종, 보호야생종, 특정종과 문화재청 지정 천연기념물 조류를 포함하였다(원병오, 1989; 원병오, 1992; Groombridge, 1993; Collar 등, 1994; 교학사, 1998).

### 3. 등급화 기준 설정 방법

갯벌의 등급화를 위해 점수(scoring)에 의한 등급화와 순위(ranking)에 의한 등급화, 두 가지 기준을 설정하여 연구하였다.

#### 3.1 점수 등급화

점수에 의한 등급화는 5개 기준 요인을 정하고 각각 3점에서 0점까지 부여하였다(Table 1, 2, 3, 4, 5). 이후, 각 점수의 합계로 최고 V등급에서 최하 I등급까지 등급화를 하였다(Table 6). 5개 기준 요인은 도래 개체수, 보호 종의 수, 보호 종의 개체수, 생존 1% 기준 종수, 국내 집단 1% 기준 종수 등의 5개를 선정하였다. 등급화 평가 시, 5개 기준을 모두 확인하기 곤란할 경우, 4개 기준 점수로도 등급을 산정하도록 하였다.

#### 3.1.1 도래 개체수

람사 습지 조약의 국제적 습지 기준에 따라 20,000개체 이상의 조류를 부양하는 갯벌에 최고 3점을 부여하였으며, 연차적으로 5,000개체 이하 갯벌은 최하 0점을 산정하였다(Table 1). 도래 개체수의 산정은 조사 시 각 종의 최대 관찰 수의 합으로 하였다.

#### 3.1.2 보호종의 수

보호종을 10종 이상 부양하는 갯벌을 최고 3점 부여하고 연차적으로 1종도 부양하지 않는 갯벌에 최하 0점을 산정하였다(Table 2).

#### 3.1.3 보호종의 개체수

보호종의 수에 구분 없이 연간 평균 1,000개체 이상을 부양하는 갯벌에 최고 3점을 부여하고, 연차적으로 10개체 미만은 최하 0점을 산정하였다(Table 3).

#### 3.1.4 생존 집단의 1% 기준

어떤 갯벌이 생존집단의 1% 이상 수를 부양하는 종이 10종 이상일 경우, 최고 3점을 부여하고, 연차적으로 1% 기준에 부합하는 종이 없는 갯벌에 최하 0점을 산정하였다(Table 4). 1% 기준은 전 세계 생존 집단에 우선 기준하였으나, 만일 단일종이 아니고 여러 아종이 있을 경우나 이동 경로가 여럿일 경우에는 아종집단의

Table 1. Scoring by the criterion of the supporting birds on mudflats

Criteria of score	Score
Mudflat supporting more than 20,000 birds	3
Mudflat supporting more than 10,000 birds	2
Mudflat supporting more than 5,000 birds	1
Mudflat supporting less than 5,000 birds	0

Table 2. Scoring by the criterion of the protected bird species\* on mudflats

Criteria of score	Score
Mudflat supporting more than 10 species	3
Mudflat supporting 5-9 species	2
Mudflat supporting 1-4 species	1
Mudflat not supporting the protected birds	0

\* The protected bird species mean the species listed on IUCN red data book, and Korean protected species(endangered, protected, special appointed species by the Ministry of Environment, and the species of national monument by the Cultural Properties Administration).

Table 3. Scoring by the criterion of the population size of the protected birds\* on mudflats

Criteria of score	Score
Mudflat supporting 1,000 protected birds per year	3
Mudflat supporting 100 protected birds per year	2
Mudflat supporting 10 protected birds per year	1
Mudflat supporting less than 10 protected birds per year	0

\* The population size of the protected birds were counted on maximum number of each species in a year, or the average number of the years counted on.

Table 4. Scoring by the criterion of the waterbird species over 1% level of the survival population on mudflat

Criteria of score	Score
Mudflat supporting more than 10 species	3
Mudflat supporting 5-9 species	2
Mudflat supporting between 1-4 species	1
Mudflat not supporting any species over 1% level	0

\* 1% of the survival population was based on the world population of the species, if the species were monotype, or had only one migration route. But in case of having several subspecies, or migration routes, 1% was based on subspecies population, or flyway population or Asian population.

Table 5. Scoring by the criterion of the species over 1% level in Korean population\* on mudflats

Criteria of score	Score
Mudflat supporting more than 10 species	3
Mudflat supporting 5-9 species	2
Mudflat supporting 1-4 species	1
Mudflat not supporting any species over 1% level	0

\* 1% level in Korean population of each species was estimated on the basis of the monitoring data of the ministry of environment and other references. If the estimate was thought to be low, the population size were altered.

Table 6. Grading level of 1-5 by total score of 4 or 5 criteria\* by birds on mudflats

Total score by 5 criteria	Total score by 4 criteria	Grade
more than 13	more than 11	V
10-12	8-10	IV
7-9	5-7	III
4-6	3-4	II
0-3	0-2	I

\* refer to Table 1, 2, 3, 4, 5.

1%, 이동 경로상 집단의 1%, 혹은 아시아 생존집단의 1%기준에 따랐다.

하였으며, 기록치가 적다고 판단될 경우, 도래집단의 기준을 조정하였다.

### 3.1.5 국내 집단의 1% 기준

어떤 갯벌이 국내 도래집단의 1% 이상의 수를 부양하는 종이 10종 이상일 경우, 최고 3점을 부여하였으며, 연차적으로 1% 기준에 부합하는 종이 없는 갯벌에 최하 0점을 산정하였다(Table 5). 국내 도래 집단의 크기는 환경부와 여러 문헌의 모니터링 자료를 기반으로

### 3.1.6 점수의 등급화

각 5개 기준에 의한 점수의 합을 통해 최고 V등급에서 최하 I 등급까지 등급화하였다(Table 6). 또한 조사 자료를 통해 5개 기준 모두를 확인하기 힘들 경우에, 4개 기준만으로 등급화를 시도하였다.

### 3.2 순위 등급화

순위에 의한 등급화는 각 갯벌에 도래하는 조류의 종 다양성, 종풍부도, 개체수, 밀도, 종균등도, 안정지수 등의 6개 지수의 값을 구한 후, 각 지수 값이 가장 높은 갯벌을 1위로 하여 최하위까지 순위를 정하였다. 이후, 각 6개 지수 순위의 합이 가장 낮은 갯벌은 최종 1순위로 정하고 차례로 순위를 매겨, 합이 가장 높은 것을 최하위 순위로 하여 등급화를 하였다. 이 방법은 서로 인접하거나 유사한 갯벌 간에 상대적인 중요성을 비교 평가하는 데 사용되었다. 6개 지수와 계산식은 다음과 같다.

#### 3.2.1 종다양도 지수

종다양도 지수는  $H'$  (index of Shannon diversity) 을 이용하였다(Shannon과 Wiener, 1949). 공식은 다음과 같다.

$$H' = -\sum(n_i/N)\ln(n_i/N)$$

( $n_i$ : 각 종의 개체수,  $N$ : 총 개체수)

갯벌의 가치는 많은 종의 조류와 많은 개체수를 부양할수록 높다고 할 수 있다. 많은 종의 조류를 부양하는 갯벌은 그만큼 서식지의 다양성이 높고, 많은 개체수를 부양하는 갯벌은 그만큼 생산성이 높다고 할 수 있기 때문이다. 종 다양성 지수는 관찰된 종수가 많고 각 종의 개체수가 균등할수록 높다. 다양성 지수가 높다는 것은 서식환경이 다양하고 고르게 분포함을 의미한다.

#### 3.2.2 종풍부도 지수

종풍부도 지수는 Margalef의 지수( $Da$ , index of Margalef diversity)를 이용하였으며, 공식은 다음과 같다(Brower 등, 1990).

$$Da = (s-1)/\ln(N)$$

( $s$ : 관찰된 전체 종수,  $N$ : 관찰된 총 개체 수)

Margalef의 지수  $Da$ 는 관찰된 종수가 많고 총 개체

수가 적을수록 높다. 종다양도 지수  $H'$ 에 비해 서식 환경의 다양성에 더 가치를 높게 두며, 균등 분포에 대해서는 크게 고려하지 않는다. 종풍부도 지수는 몇 종의 조류 개체수가 지나치게 많으면 낮게 평가되는 경향이 있다.

#### 3.2.3 도래 개체수

도래 개체수는 조사 시 관찰된 최고 합계수(peak count)로 하였으며 공식은 다음과 같다.

$$\text{최대합계수} = \sum \max(n_i)$$

( $\max$ : 최대 개체수,  $n_i$ : 각 종의 개체 수)

평균이나 누적 개체수보다는 최대 합계수(peak count)가 얼마나 많은 조류가 도래하는지 기준이 되는 경우가 많기 때문에 이를 이용하였다. 최대 합계수(peak count)는 일년 동안 자료를 바탕으로 하며, 각 종마다 최고로 관찰된 개체수에 근거한다.

#### 3.2.4 도래 밀도

도래 밀도는 조사면적 1km<sup>2</sup>당 개체수를 구하였으며, 각 종의 평균 도래 개체수에 기준하였다. 도래 개체수가 많거나 종수에 관계없이 밀도가 높다는 것은 갯벌의 부양능력이 높다는 것을 의미한다.

#### 3.2.5 종균등도 지수

종균등도 지수는  $H_p$  (index of Heip evenness)를 이용하였으며 공식은 다음과 같다(Brower 등, 1990)

$$H_p = (10^{H'} - 1)/(s - 1)$$

( $H'$ : index of Shannon diversity,  $s$ : 관찰된 종수)

종균등도 지수( $H_p$ )는 도래 종들이 지역을 얼마나 꾸준히 이용하는지를 보여준다. 다양성과 밀도가 높다고 하더라도 도래하는 조류 개체수가 몇 종에 치우치거나 계절이나 달에 따라 변동이 심하다면 안정적인 곳보다 갯벌의 가치가 적다.

### 3.2.6 안정 지수

안정 지수  $S_i$  (index of stability)는 개체수 변동 정도를 나타내는 것으로 다음 공식과 같다. 안정 지수  $S_i$ 는 이기섭(2000)이 언급한 변동지수  $F_i$ 의 상반값으로  $1-F_i$ 의 값과 같다.

$$S_i = (\lim n_i) / f \times P \times f / (f-1)$$

( $n_i$ :  $i$ 회의 개체수,  $f$ : 관찰 횟수,  $P$ : 최고 관찰수)

조류의 관찰 개체수가 적더라도 꾸준하게 유지되고 변동이 없다면 갯벌의 부양능력이 일정하거나 불안요인이 적은 것으로 이 역시 등급화에 있어서 중요한 요인이 될 수 있다. 안정 지수는 수치가 높을수록 안정성이 높다고 할 수 있으며 등급을 높게 평가한다.

## 4. 연구 결과

### 4.1 점수 등급화

#### 4.1.1 10개 갯벌의 점수 등급화

1996년 10월부터 1997년 4월까지 동시 센서스 된 10개 갯벌에 대한 조사 자료를 바탕으로 점수 등급화를 시도하였다. 그 결과 낙동강·한강·금강·만경강·동진강 하구와 남양만, 아산만 등은 최고 등급인 V 등급을 보였다. 조사된 하구 갯벌 대부분은 우선적으로 보존되어

야 할 중요한 갯벌 지역이라고 할 수 있었다(Table 7).

### 4.1.2 영종도 갯벌의 연간 등급 변화

영종도 갯벌에 대한 1988년부터 2002년까지의 6회 조류 조사를 바탕으로 점수 등급화를 시도하였다(Table 8). 문헌 자료는 일부 조사거나, 섭금류를 주로 조사하였으며, 갈매기류나 오리류에 대한 자료는 포함하지 않은 경우가 많았기 때문에, 실제보다 저평가되었다. 이곳은 인천국제공항 건설로 인해 삼목도, 신불도 갯벌 대부분이 매립된 지역이다. 인천국제공항이 건설되기 전의 삼목도 지역은 문헌자료를 바탕으로 최고등급인 V 등급을 유지하였음을 확인할 수 있었다. 삼목도 등의 갯벌이 매립이 된 후에는 등급이 낮아졌으나, 남단의 잔존 갯벌과 북단의 운북동 갯벌을 포함하면 아직 갯벌의 등급이 V 등급으로 보존할 가치가 충분하였다.

### 4.2 순위 등급화

#### 4.2.1 6개 갯벌의 순위 등급화

환경부(1997) 겨울철새 동시센서스 자료를 바탕으로 6개 갯벌의 순위 등급화를 시도하였다(Table 9, 10). 위 지역은 점수 등급화에서 모두 V 등급을 받은 지역이었다. 그 결과, 낙동강하구의 상대적 순위가 가장 높은 것으로 평가되었다. 다음으로 만경강하구, 임진-한강 하구 등이 상대적 등급이 높은 것으로 평가되었다. 낙

Table 7. Example of the grade by the scoring of bird census data\* on 10 mudflat area

Mudflat area	Peak count	Protected species	Protected birds	Species of 1% level	Total score	Grade
Hangang River Estuary	36,977	7	8,213	6	11	V
Imjingang River Estuary	8,508	8	1,661	2	7	III
Namyangman Bay	42,240	11	542	9	11	V
Asanman Bay	96,573	10	6,766	9	12	V
Ganwoldo mudflat	4,625	4	39	1	3	II
Geumgang River Estuary	77,932	10	3,743	8	12	V
Mangyunggang River Estuary	117,660	15	26,034	11	12	V
Dongjingang River Estuary	73,508	13	11,872	8	12	V
Yeongsangang River Estuary	32,610	6	7,273	3	10	IV
Nakdonggang River Estuary	66,138	18	7,581	8	12	V

\* The data of 10 areas came from the bird census in 1996-97. The data of Yeongsangang river estuary were included on upriver zone the dike of the estuary, so the grade was over-estimated.

Table 8. Grade by the scoring of the bird data of the mudflat of Yeongjongdo island

Year	Peak count	Protected species	Protected birds	1% level of world population	1% level of Korean population	Scores	Grade
1988 <sup>1)</sup>	22,588	3	86	4	10	10	<b>IV</b>
1992 <sup>2)</sup>	23,063	7	4,366	4	12	13	<b>V</b>
1993 <sup>3)</sup>	21,895	12	9,498	10	18	15	<b>V</b>
1994 <sup>3)</sup>	24,373	11	10,124	8	17	15	<b>V</b>
1996 <sup>4)</sup>	14,060	8	2,513	1	11	11	<b>IV</b>
2002 <sup>5)</sup>	26,702	5	4,661	9	15	14	<b>V</b>

1) Long et al, 1988. The data were partial survey of south mudflat in spring, so the grade was under-estimated.

2) Kim and Won, 1993. The data were partial, and only on Sammokdo.

3) Kim, 1995. The data were only on Sammokdo in 1993, 1994.

4) Ministry of Environment, 1997. Only 2 surveys in spring and autumn.

5) Kim, 2003. Data in a year. All data were only from the survey of shorebirds(sandpipers, plovers) except 1992.

Table 9. Index for the grade by the ranking of bird data on 6 mudflats

Area	$H'$ <sup>1)</sup>	$Da$ <sup>2)</sup>	Peak count	Mean density (individuals/km <sup>2</sup> )	$Hp$ <sup>3)</sup>	$Si$ <sup>4)</sup>	Survey
Nakdonggang River Estuary	2.64	11.99	68,624	615	0.22	0.50	13
Mangkyunggang River Estuary	2.21	9.45	73,879	584	0.18	0.65	13
Imjin-Hangang River Estuaries	2.21	7.99	42,781	504	0.22	0.65	11
Asanman Bay	2.25	9.10	53,085	523	0.20	0.39	13
Geumgang River Estuary	1.80	11.61	66,638	1,718	0.09	0.30	13
Dongjingang River Estuary	2.02	10.20	50,937	300	0.14	0.56	13

1)  $H'$  means the Shannon diversity index.

2)  $Da$ , the Margalef diversity index.

3)  $Hp$ , Heip evenness index from Brower et al.(1990).

4)  $Si$  is the stability index of population. The data were only included on waterbirds from the ministry of environment (1997).

Table 10. Relative ranks<sup>\*</sup> of 6 mudflats by the index of Table 9

Area	The ranks						Total score	Rank
	$H'$	$Da$	Peak count	Mean density	$Hp$	$Si$		
Nakdonggang River Estuary	1	1	2	2	1	4	11	<b>1</b>
Mangkyunggang River Estuary	3	4	1	3	4	1	16	<b>2</b>
Imjin-Hangang River Estuaries	3	6	5	5	1	1	21	<b>3</b>
Asanman Bay	2	5	4	4	3	5	23	<b>4</b>
Geumgang River Estuary	6	2	3	1	6	6	24	<b>5</b>
Dongjingang River Estuary	5	3	6	6	5	3	28	<b>6</b>

\* Ranks were gained from high to low value of the index of Table 9.

동강 하구는 종다양도( $H'$ )와 종풍부도( $Da$ )의 순위가 가장 높았고, 종 안정지수( $Si$ ) 순위는 그다지 높지 않았지만 종균등도( $Hp$ ) 역시 순위가 가장 높았다. 도래수와 밀도 또한 높은 순위를 보여 6개 주요 갯벌 중 최우선적으로 보호해야 할 지역이라고 할 수 있었다.

#### 4.2.2 만경강-동진강하구 갯벌 소지역 내 순위 등급화

1996-97년 만경강-동진강하구에 대한 7개 지역별 조류 조사 자료를 바탕으로 소지역 순위 등급화를 시도하였다(Table 11, 12). 그 결과 진봉 지역의 갯벌이 가장

Table 11. Index for ranking of 7 mudflats in Mangyunggang & Dongjingang river estuaries by the bird data from 1996 to 1997

Area	$H'$	$Da$	Peak count	Mean density (individuals/km <sup>2</sup> )	$H_p$	$Si$	Survey
Simpo	1.88	8.94	15,149	232	0.14	0.29	16
Jinbong	2.14	9.74	28,290	994	0.16	0.46	16
Tojeong	2.12	9.20	13,654	638	0.18	0.48	16
Donji	1.91	5.37	5,270	196	0.29	0.10	14
Kyehwa	2.30	6.61	17,256	113	0.32	0.09	15
Jopo	1.54	5.46	16,317	349	0.16	0.26	14
Munpo	1.75	6.60	17,421	679	0.17	0.29	14

Table 12. The relative ranks of 7 mudflats in Mangyunggang & Dongjingang river estuaries by the index of Table 11

Area	The ranks						Total score	Rank
	$H'$	$Da$	Peak count	Mean density	$H_p$	$Si$		
Simpo	5	3	5	5	7	3	28	<b>5</b>
Jinbong	2	1	1	1	5	2	12	<b>1</b>
Tojeong	3	2	6	3	3	1	18	<b>2</b>
Donji	4	7	7	6	2	6	32	<b>7</b>
Kyehwa	1	4	3	7	1	7	23	<b>4</b>
Jopo	7	6	4	4	5	5	31	<b>6</b>
Munpo	6	5	2	2	4	3	22	<b>3</b>



Fig. 1. The relative ranks of 7 mudflats in Mangyunggang and Dongjingang river estuaries. The inner mudflats gained higher ranks and were more valuable than the outer mudflats. Satellite photo from EGIS.



우수한 것으로 평가되었으며, 돈지 갯벌의 순위가 가장 낮아 가치가 적은 것으로 판단되었다(Fig. 1). 갯벌 중에서 조류 도래지로서의 갯벌 순위는 하구 안측이 바깥쪽보다 상대적으로 높았다. 이와 같은 경향은 사질의 갯벌보다 니질의 갯벌이 더 순위가 높음을 제시하였다.

## 5. 고찰

갯벌의 중요성은 서식하는 조류의 개체수, 종다양성, 안정성, 보호종의 서식 여부 등 여러 가지 기준 요인들을 다 고려한 후에야 비로소 정확한 평가를 할 수 있다. 중요한 갯벌 지역은 다양한 종류의 조류가 많은 수를 유지하며 안정되게 도래하고, 보호종이 많이 도래하는 곳이어야 한다. 이런 점에서 점수에 의한 절대등급화는 넓은 범위의 갯벌이나 서로 거리가 떨어져 있는 갯벌의 가치를 비교하거나 연간 등급의 변화를 비교하는 데 이용될 수 있을 것이다. 또한 람사 습지 협약 기준에 의해 보호구역을 지정할 때 참조가 되며 국내 중요 지역의 지정을 위한 기준을 제시할 수 있을 것이다.

상대 등급화는 연결된 넓은 갯벌 내에서 상대적으로 중요한 지역을 판단할 때 이용될 수 있다. 예를 들어 만경강-동진강하구와 같이 연결되어 있는 갯벌의 경우에는 갯벌 내에 조류들의 이동이 많기 때문에 절대 등급화 기준보다는 상대 등급화에 의한 비교가 더 효과적일 것이다. 상대등급화에서는 절대 등급화처럼 보호종의 척도를 나타낼 마땅한 지수가 없어 기준에 포함시키지 않았으며, 연결된 갯벌에서는 보호종들이 한 지역에 국한되어있기보다 물때에 따라 서로 이동할 가능성이 많아 크게 고려하지 않아도 된다고 판단된다. 종다양도 지수는 종풍부도와 균등도를 동시에 포함하는 지수로, 별도로 종풍부도와 균등도를 고려할 필요가 없어 보이나, 상대적으로 갯벌의 질이 나빠 조류가 적게 도래하는 곳이 오히려 높은 값을 보이는 경우가 종종 있었다. 이는 한국의 갯벌이 저서생물과 달리 번식지로 이용되는 것이 아니라, 대부분 조류의 중간 기착지나 월동지로 이용되기 때문에 집중화됨에 원인이 있었다. 따라서 종풍부도와 균등도 지수로 상기 문제를 보완하고자 하였으며 이기섭(200)에서 이에 대해

상세히 고찰하였다. 상대 등급화는 지역의 특성에 따라 중요성이 크다고 생각되는 지수에 차별점수를 부여하거나 문제점을 보완하여 다시 등급을 조정할 수 있을 것이다. 또한 상대 등급화에서 상대적으로 서열이 낮다고 해서 보존의 가치가 적은 것으로 판단해서는 안되며 절대 등급화를 통한 기준을 우선적으로 고려한 후에, 상대적 가치를 비교할 때 사용해야 할 것이다.

조류를 이용한 갯벌의 등급화는 매겨진 등급에 따라 갯벌의 가치를 판단하는데 객관적인 자료를 제시해 줄 뿐만 아니라 그에 따르는 적절한 보호 관리 방안이나 개발의 수준 등을 정하는데 이용될 수 있을 것이다. 예를 들어 절대 등급에 있어서 V와 같은 높은 등급의 갯벌은 람사 습지 조약에 준하는 국제적 중요 습지 지역으로 보호하여 지정할 가치가 있는 갯벌로 개발이 적극 제한되어야 한다. 그러나 II 등급이나 I 등급의 지역은 국내외 중요 갯벌로써의 가치가 적은 지역으로 사전 평가 후 필수적인 부분에 있어서의 개발을 허용할 수 있는 곳이라 할 수 있다. 상대 등급에 있어서 순위가 1~2위인 갯벌은 동일 갯벌 내에서 조류의 이용가치가 가장 높은 곳으로 우선적인 갯벌의 보존이 필요한 지역으로 개발이나 서식에 위협이 될 수 있는 요인을 최우선으로 제한하여야 할 곳이다. 반면에 순위가 낮은 갯벌은 동일 갯벌 내에서 조류의 이용이 적은 곳이지만 대부분 사람의 방해나 조개 채취, 어로행위 등이 빈번히 일어날 가능성이 많은 곳이므로 오염원의 유입을 감시하여야 한다.

갯벌에 도래하는 물새류에 의한 갯벌 등급화는 조사 횟수와 시기 등에 따라 영향을 받을 수 있다. 이번 연구에서는 갯벌에 도래하는 조류 중에서 물새류(waterbirds)만을 대상으로 등급화 하였는데 그 외의 종들은 조사 시기가 다르거나 자료가 부족하였기 때문이다. 특히 보호종이 많이 포함되어 있는 맹금류는 조사 자료에 포함되지 않은 경우가 많아 정확한 평가를 위해선 모니터링 시 맹금류도 포함해야 할 것이다.

## 사사

본 연구는 해양수산부의 2003년도 “갯벌 생태계 조

사 및 지속 가능한 이용방안 연구” 용역에 일환으로 수행되었습니다.

## 참고문헌

1. 김은영, 원병오, 서해안의 강화도와 영종도에 도래하는 섬금류의 생태, 경희대학교 부설 한국조류연구소 연구보고, 제4권, pp. 25-46, 1993.
2. 김진한, 한국에 도래하는 철새의 생태와 보호관리-특히 서해안에 도래하는 수조류에 대하여, 박사학위논문, 경희대학교, 94pp, 1998.
3. 김진한, 박진영, 이정연, 서해안 갯벌지역의 춘추계 조류상, 한국자연보존협회 한국생물상연구지, 제2권, pp. 183-205, 1997.
4. 김진한, 박진영, 이정연, 유병호, 이길철, 철새이동 경로 및 도래서식조사, 국립환경연구원, 89pp, 1999.
5. 김한별, 서해안의 삼목도에 도래하는 섬금류의 생태, 석사학위논문, 경희대학교, 1995.
6. 김화정, 원병오, 낙동강 하구에 도래하는 물새류의 생태, 한국조류학회지, 제1권, pp. 57-71, 1994.
7. 농어촌진흥공사, 한국의 간척, 대성인쇄공사, 의왕, 316pp, 1996.
8. 박성근, 서해안의 영종도에 도래하는 섬금류의 생태, 석사학위논문, 경희대학교, 1995.
9. 최영복, 정숙희, 중부 이남 서해안에 도래하는 섬금류에 관한 현황-전라북도 광활 지역의 갯벌을 중심으로, 한국조류학회지, 제2권, pp. 57-73, 1995.
10. 원병오, 한국동식물도감 제25권 동물편(조류생태), 문교부, 1981.
11. 원병오, 한국의 희귀 및 위기 동식물도감 조류, 한국자연보존협회, 천우상사, 165pp, 1989.
12. 원병오, 한국 서해안의 섬금류조사, 경희대학교 부설 한국조류연구소 연구보고 3:28-50, 1990.
13. 원병오, 한국의 천연기념물(동물편), 대원사, 308pp, 1992.
14. 원병오, 한국의 조류, 교학사, 서울, 447pp, 1993.
15. 원병오, 이기섭, Long, A. J., Poole, C. M., & Eldrige, M. I., 한국 서해안의 춘계 섬금류 조사, 한국자연보존협회 자연보존지, 제62권, pp. 29-41, 1988.
16. 이기섭, 한국의 서해안에 도래하는 수조류의 실태와 개체수 변동, 박사학위논문, 경희대학교, 2000.
17. 이우신, 구태희, 박진영, 한국의 새, LG 상록재단, 320pp, 2000.
18. 교학사, 한국의 멸종 위기 및 보호야생동·식물, 교학사, 302pp, 1998.
19. 해양수산부, 우리나라의 갯벌, 1998.
20. 허위행, 이종남, 이인섭, 우용태, 낙동강 하구의 조류상과 중요 습지로서의 평가, 한국조류학회지, 제6권 제1호, pp. 47-56, 1999.
21. 홍재상, 한국의 갯벌, 빛깔있는 책들-218, 대원사, 143pp, 1999.
22. 환경부, 전국 겨울철새 동시센서스, 163pp, 1997.
23. 환경부, 서해안 주요 습지에 도래하는 수조류의 봄가을조사, 120pp, 1998.
24. 환경부, 겨울철 조류 동시 센서스, 173pp, 1999.
25. 환경부, 겨울철 조류 동시 센서스, 187pp, 2000.
26. 환경부, 겨울철 조류 동시 센서스, 282pp, 2001.
27. 환경부, 겨울철 조류 동시 센서스, 314pp, 2002.
28. 환경부, 겨울철 조류 동시 센서스, 382pp, 2003.
29. Brower, J., Zar, J., and von Ende, C., Field and Laboratory Methods for General Ecology, Third Ed., Wm. C. Brown Publishers, Dubuque, 237pp, 1990.
30. Bhushan, B., Fry, G., Hibi, A., Mundkur, T., Prawiradilaga, D. M., Sonobe, K., Usui, S., & Taniguchi, T., A Field Guide to the Waterbirds of Asia, Wild Bird Society of Japan, Sanyo Printing Co., Tokyo, 1993.
31. Collar, N. J., Crosby, M. J., and Stattersfield, A. J., Birds to Watch 2-The World List of Threatened Birds, Birdlife International, Birdlife Conservation Series No. 4, Cambridge, 407pp, 1994.

32. Cramp, S. and Simmons, K. E. L., Handbook of the birds of Europe, the Middle East, and North Africa: the birds of the Western Palearctic, Vol. 1, Ostrich-Ducks, Oxford University Press, Oxford, 722pp, 1977.
33. Delany, S. and Scott, D.(editors), 2002. Waterfowl Population Estimates, Third Edition, Global series No. 12, Wetland International, Wageningen, 2002
34. Groombridge, B., 1994 IUCN Red List of Threatened Animals, IUCN-The World Conservation Union, 1993.
35. Kim. H. J., Roosting habitat use and movement of migrant shorebirds on Ganghwa and Yeongjong Island, Ph.D. dissertation, Kyunghee University, 2003.
36. Long, A. J., Poole, C. M., Eldridge, M. I., Won, P. O., and Lee, K. S., A Survey of coastal wetlands and shorebirds in South Korea, spring 1988, AWB Publ, No. 39, AWB, Kuala Lumpur, 163pp, 1988.
37. Ramsar Convention Bureau, The RamsarConvention Manual: a Guide to the Convention on Wetlands (Ramsar, Iran, 1971), 2nd ed., Ramsar Convention Bureau, Gland, 1997.
38. Rose, P. M. and Scott, D. A., Waterfowl population estimates, International Waterfowl and Wetlands Research Bureau, IWRB Spec. Publ. 29, Slimbridge, 1994.
39. Shannon, C. E. and Wiener, W., The mathematical theory of communication. Univ. of Illinois press. Urbana-Champaign. 117pp. 1949.