

인천 섬 갯벌에 대한 생태적 가치화 방안과 적용

이창근* · 유재원* · 김창수* · 홍재상**

I. 서론	II. 이론적 탐구	III. 생태적 가치평가 방안의 적용 : 인천연안 섬 갯벌	IV. 결론
1. 연구지역 2. 구획나누기 3. 자료수집 4. 평가문항 선정 5. 연산방식 및 등급화 6. 결과 및 고찰	1. 생태적 가치평가의 필요성 2. 생태적 가치의 정의 3. 생태적 가치의 평가기준		

I. 서론

해양환경은 최근에 더욱 강한 개발 압력을 받고 있다. 인구의 대다수가 연안을 따라 거주하고 있고, 육지의 공간과 자원이 줄어들면서 바다를 이용하려는 사회경제적 요구가 증가하고 있기 때문이다. 게다가 대중이 생각

* 한국연안환경생태연구소

** 인하대학교 해양과학과

이창근 · 유재원 · 김창수 · 홍재상

하는 바다의 이미지도 다소 왜곡되어 있어 상태를 악화시킨다. 공간적으로 바다가 육지에 비해 매우 넓기 때문에 육상에서 발생한 모든 쓰레기를 수용할 수 있으리라는 생각과 식량자원이 무한할 것이라는 편견이 그것이다. 생태학적으로도 최근에 와서야 인간 활동이 해양생태계와 생물다양성을 해칠 수 있다는 개념을 잡기 시작했다(Kullenberg, 1995; Antunes and Santos, 1999). 오래전부터 관리자들은 완전한 해양환경 관리방안을 찾고 있지만, 바다는 매우 역동적인 시스템이기에 단지 해양자원과 서식처에 영향을 미치는 인위적 행위만 통제할 수 있을 뿐이다.

해양환경관리의 핵심은 동일한 관리계획 속에서 경제적 개발요구와 자연보전요구 사이의 균형을 맞추는 일이다. 이러한 관리 전략을 수립하기 위해서는 신뢰할 수 있고, 의미 있는 생태학적 정보가 종합된 형태로 제공되어야 한다. 이러한 관점에서 여러 환경 정보들을 하나의 수치로 나타내는 지표(indicator)가 많은 관심을 받아왔다. 종수나 개체수, 다양도지수 가 대표적이다. 그러나 이들 지표의 가장 큰 단점은 생태계를 지나치게 단순화시킨다는 점이다. 따라서 생태계의 여러 생물이 나타내는 비슷한 개체군 반응을 종합할 수 있는 새로운 지표가 필요하다(Linton and Warner, 2003).

본 연구는 갯벌에 대한 새로운 생태적 가치평가 방안을 제시하고, 인천 연안의 섬 갯벌에 실제 적용해보려는 목적으로 수행되었다. 새로운 평가방안은 생태학 개념에 근거한 평가기준을 먼저 제시하고, 이와 연관된 적절한 평가질문을 던지는 '질문 접근방식'을 활용한 것이 특징이다. 이 방법은 평가질문에 따라 독립적으로 등급을 계산한다. 따라서 새로운 가치기준 또는 새로운 생물요소(해조류, 해초류, 염생식물, 바닷새 등)가 추가되더라도 적절한 문항을 추가함으로써 평가체계를 확장시킬 수 있다. 이 평가 방안을 인천연안 17개 섬 갯벌의 생태적 가치평가에 실제 적용하고, 가치평가 결과를 이해하기 쉽도록 5등급제로 표현하고자 한다.

II. 이론적 탐구

1. 생태적 가치평가의 필요성

우리는 가격이 매겨진 제품은 쉽게 가치를 비교하고, 값을 지불한 제품은 함부로 다루지 않는다. 그러나 가치가 매겨져있지 않은 자연은 소홀히 다루어왔다. 자연이 주는 혜택을 생태계 서비스라고 하는데 인간 웰빙의 관점에서 보통 4개의 범주¹⁾로 나눈다(TEEB, 2010). 이러한 자연의 가치를 화폐가치로 나타내면 그 가치는 정책결정과정에서 쉽게 간과되지 않는다. 환경경제학(environmental economics)의 발달로 환경이 제공하는 비시장적 재화와 서비스에 대한 가치평가가 꾸준히 시도되고 있어 환경관리 분야에서 중요한 역할을 수행하고 있다(Kay and Alder, 2005). 1977년 월터 웨스트만(Walter Westman) 이후 자연이 제공하는 서비스를 계량하고자 하는 연구는 줄곧 있어왔는데, 특정 지역을 넘어 세계적 규모의 연구로 주목 받는 것은 1997년 로버트 코스탄자(Robert Costanza)의 연구와 2005년 ‘밀레니엄 생태계 평가(Millennium Ecosystem Assessment)’를 꼽을 수 있다. 이후로 생태계 서비스의 중요성이 정책분야에서 널리 인식되기 시작했다. 그러나 생태계와 생물다양성이 제공하는 서비스에 금전적인 가치를 부여하는 작업은 완벽하지도 쉽지도 않다. 현실적으로 자연이 제공하는 모든 생태계 서비스를 화폐가치로 나타내는 데는 기술적인 한계가 있으므로 대부분의 경제적 가치평가 연구는 생태계 서비스를 총체적으로 평가하지 못하고 일부 서비스에만 초점을 맞추고 있다.

지속가능한 해양환경을 위해 균형 잡힌 의사결정을 내리려면 경제적 가

1) (1) 공급서비스(Provisioning services): 물, 산소, 식품, 약품재료 등 (2) 조절서비스(Regulating services): 오염물질의 정화, 탄소저장과 물순환을 통한 기후조절, 자연재해저감 등 (3) 문화서비스(Cultural services): 레크리에이션, 심미적가치, 교육 등 (4) 지원서비스(Supporting services): 토양형성, 광합성, 양분순환 등

치(economic value)와 더불어 생태적 가치(ecological value), 다시 말해 해양 생물다양성이 갖는 고유가치(intrinsic value)를 반드시 고려해야한다. 한 지역의 생물자료는 여러 생태계 자료로 구성되어있다. 생물다양성 또한 유전자에서 생태계 수준까지 다양하기 때문에 그 지역의 해양생물다양성에 대한 고유가치를 통합된 하나의 값으로 제공하는 것은 쉽지 않다. 이러한 점이 간결하고 통일된 생태정보를 원하는 정책입안자와 연구자 사이의 의사소통을 어렵게 만들고, 때로는 생태정보가 의사결정 과정에서 아예 배제되는 결과도 가져온다. 이런 문제를 해결하기 위해서는 생물자료와 생태자료를 종합하여 이해하기 쉽게 만들어주는 일종의 번역도구가 개발되어야 한다(Hiscock *et al.*, 2003).

2. 생태적 가치의 정의와 평가기준

본 연구에서 언급하는 생태적 가치는 기본적으로 생물다양성의 고유가치(intrinsic value)를 의미한다. 이 개념은 Smith and Theberge (1986)가 평가했던 ‘자연의 가치’ 개념과 유사하다. 이는 사회적 관심은 배제된 생태계의 질(ecosystem qualities) 그 자체에 초점이 맞춰져있다.

생태적 가치의 평가기준 선정과 평가 방법에 관한 많은 내용들이 이미 여러 문헌을 통해 발표되었는데, 다음 세 가지 유형의 문헌들이 주류를 이루고 있다.

- 생태적으로 가치 있는 해양구역의 평가에 관한 학술논문들
- 해양보호구역 선정기준에 관한 문헌들
- 국제입법문헌들 (EC Bird/Habitat Directives, Ramsar Convention, UN Convention on Biological Diversity 등)

기존 문헌을 검토하면서 각 평가 기준에 중복성이 크다는 것을 발견하였다. 몇 가지 주요 기준이 대부분을 설명할 수 있으므로 우리 갯벌생태계에 적용시킬 수 있는 적합한 기준을 선택코자 하였다. 본 연구에서 다루고 있는 가치평가 개념은 ‘생태 및 생물학적으로 중요한 지역(EBSAs; Ecologically and Biologically Significant Areas)’을 파악하기 위해 개발된 틀에 부분적으로 기초하고 있다.²⁾ 이 틀 속에는 다섯 가지의 주요 개념 즉, 고유성(uniqueness), 집합성(aggregation), 생존적응성(fitness consequences), 복원성(resilience), 자연성(naturalness)이 내포되어있다 (DFO, 2004).

1) 고유성(uniqueness) = 희소성(rarity)

고유성이란 그 지역의 특성이 독특하고, 희귀하고, 주변과 다르기 때문에 대체할 수 없는 성질을 의미한다. 관련 연구에서는 이 같은 개념을 희소성(rarity)이라 부르는 것이 보편적이므로(DFO, 2004; Rachor and Günther, 2001; Salm *et al.*, 2000; Salm and Price, 1995; Kelleher, 1999; UNESCO, 1972) 본 연구에서도 그에 따랐다. 희소성은 상대적인 개념으로서 스케일에 따라 지역적 희소성, 국가적 희소성, 전 지구적 희소성으로 구분될 수 있으며, 스케일이 커짐에 따라 중요성도 높아진다. 스케일에 따른 희소성을 평가하기 위해서는 희귀종, 서식처, 군집에 대한 국제적인 목록이 필요하다. 그러나 육상 환경과는 달리 해양생물은 매우 적은 수의 생물만 IUCN Red Lists에 기록되어 있기 때문에 실효성이 떨어진다. 이는 해양생물에 대한 계통분류학적 연구가 아직 많이 부족하기 때문이다. 우리나라의 경우도

2) 2008년 제9차 생물다양성협약 당사국 총회(COP 9)에서 공해와 섬해에 있는 생태학 또는 생물학적으로 중요한 해양 서식지를 보호하기 위해 채택한 과학적 선별 기준은 7가지다.

1.Uniqueness or Rarity 2.Special importance for life history stages of species 3.Importance for threatened, endangered or declining species and/or habitats 4.Vulnerability, Fragility, Sensitivity, or Slow recovery 5.Biological Productivity 6.Biological Diversity 7.Naturalness (<https://www.cbd.int/ebsa/about>)

아직까지 해양생물 전반에 걸친 희귀종, 멸종위기종, 고유종, 외래종 등에 관한 국가적 차원의 공식적인 목록이 없다. 따라서 본 연구에서는 희소성을 평가할 때 지역을 소단위구역으로 나누어 상대적으로 평가하는 방식을택하였다. 희소성이란 상대적인 개념이므로 다양한 평가기준이 제시될 수 있다. 본 연구에서는 Gaston(1994)의 제안에 따라 군집 내에서 출현빈도 분포의 하위 사분위수(lowest quartile; 25% cut-off)에 속하는 생물을 희귀종으로 구분하였다.

2) 집합성(aggregation)

집합성이란 어떤 생물 종의 거의 모든 개체가 일 년 중 특정 시기에 모여들거나, 생활사의 중요한 기능을 위해 특정지역을 이용하거나, 어떤 구조적인 특성 또는 생태적 작용이 예외적으로 높은 빈도로 발생하는 지역을 중요하게 평가하는 개념이다. 예를 들어 특정 생물의 월동, 휴식, 섭식, 번식, 산란, 보육, 성육, 회유를 위한 장소는 집합성이 높게 평가된다. 그러나 해양환경의 연속적 특성 때문에 분포범위가 넓고 이동성이 높은 종들에 대해서는 이러한 집합장소의 경계를 구분하는 것이 어렵다 (Airamé *et al.* 2003).

집합성은 생태적 중요종(ecologically significant species)의 존재와 밀접한 관련이 있다. 생태적 중요종이란 생태계 시스템 전체 또는 종간의 상호작용에 큰 영향을 주는 생물을 말한다. 주요 포식자 또는 생물교반자(bioturbator) 등이 이 범주에 속한다. 영양단계에서 중요한 먹이원이 되는 생물 또한 여기에 포함된다. 예를 들어 이매傀류 *Abra alba*와 *Spisula subtruncata*는 검둥오리류(*Melanitta nigra*)의 중요한 먹이원인데, 이러한 먹이생물의 존재는 포식자를 불러들이므로 집합성 개념을 충족시키는 생태적 중요종으로 분류할 수 있다(Degraer *et al.*, 1999). 본 연구에서는 중요 수산업종이면서 상위 포식자의 주요 먹이원으로 이용되는 바지락(*Ruditapes philippinarum*), 동죽(*Mactra veneriformis*) 등의 이매傀류와

민꽃게(*Charybdis japonica*), 검은띠불가사리(*Luidia quinaria*), 갯우렁이(*Lunatia gilva*)와 같은 대형 포식자를 집합성을 평가하기 위한 생태적 중요종으로 선정하였다.

3) 생존적응성(fitness consequences)

서식지의 어떤 구조적인 특징이 포식자에 대한 은신처를 제공한다면 특정 생물의 생존율 또는 번식률이 증가되며, 그 지역은 생존적응성(fitness consequences)이 높다고 할 수 있다(DFO, 2004). 서식지의 물리적 상태를 변화시킴으로써 다른 생물의 생존율을 높이거나 자원 가용성을 조절하는 생물을 생태계 공학종(ecosystem engineer)이라 한다. 따라서 이들이 많은 곳은 생존적응성이 높게 평가된다. 부드러운 갯벌 퇴적물 위에 딱딱한 패각을 켜켜이 쌓아 복잡한 구조의 서식지를 만드는 참굴(*Crassostrea gigas*)이나, 어린 새우와 치어에게 은신처를 제공하는 잘피류(*Zostera*)는 대표적인 생태계 공학종이다. 이들 보다 크기는 작지만 갯벌에 튜브 모양의 집을 짓는 집갯지렁이류와 관서 단각류는 고밀도로 서식할 경우 ‘서식지를 구축하는 공학종(habitat forming engineer)’이다. 반면에 칠개, 방개, 쑥, 개불, 가시닻해삼 등은 구멍이나 갭도를 만들어 ‘서식지를 변형시키는 공학종(habitat modification engineer)’이다.

집합성과 생존적응성은 서로 간에 밀접한 관련이 있다. 왜냐하면 산란장 또는 보육장과 같이 환경에 적응하거나 생활사의 중요활동이 일어나는 곳은 생물들이 모여드는 장소이기 때문이다. 따라서 본 연구에서는 가치가 중첩되어 과대평가되는 것을 피하기 위해 두 개념을 ‘집합성-생존적응성’으로 합쳐 하나의 범주로 놓고 평가하였다.

4) 복원성(resilience)

복원성이란 서식처의 구조나 생물이 교란에 대응하여 얼마나 빨리 회복

되는가를 나타내는 성질이다. 교란에 민감한 종의 회복은 느리지만, 교란에 강한 종은 빠르게 이전 상태로 돌아간다. 그러나 이 개념은 인위적인 영향에 대한 미래의 반응이므로, 현재의 생물상이 그 이전의 교란에 대한 결과인지 아닌지 구별하기가 어렵다. 따라서 현재의 상태를 평가하는 지표로는 적합하지 않아 본 연구의 평가기준에서는 제외하였다.

5) 자연성 (naturalness)

자연성이란 원시성을 유지하거나 고유종(native species)이 서식하는 곳을 설명하는 개념이다(DFO, 2004; Connor *et al.*, 2002; Laffoley *et al.*, 2000). 그러나 이 개념을 평가 기준으로서 적용할 때 어느 지역의 원시적 자연 상태가 어떠해야 하는지 모르는 경우가 많고, 완전히 자연적인 지역 또한 거의 남아있지 않다(Ray, 1984). 단위지역의 자연성을 평가하기 위해서는 비교 가능한 적절한 원시지역(pristine area)이나 대조지역(reference sites)이 꼭 필요하다. 이러한 지역이 없는 경우엔 한 가지 대안으로서 고유종, 외래종 또는 양식종에 관한 정보를 이용하여 자연성의 정도를 간접적으로 평가할 수 있다(DFO, 2004). 또 다른 대안으로는 군집의 건강성 또는 종 조성을 살펴보는 것이다. 예를 들어 건강하고 자연적인 저서생태계는 많은 경우에 있어서 생체량이 크고 종수가 많은 것이 특징이다(Dauer, 1993). 반대로 기회종이 우점하여 갯벌생물의 생체량이 작고 종수가 적은 지역은 일정 수준의 스트레스를 반영한다고 보고 자연성을 낮게 평가할 수 있다. 이처럼 군집의 생체량은 간편한 지표이긴 하나 자연성을 왜곡시킬 수 있어 주의가 필요하다. 예를 들어 바지락 종패를 살포하여 키우는 곳은 군집의 생체량이 매우 크겠지만 자연성이 떨어지는 패류 양식장일 뿐이다.

자연성에 관한 여러 가설이 제시되고 있으나 진정한 자연성 개념이 무엇인지에 대해서는 여전히 논란이 많다. 본 연구에서는 주어진 생물자료만으로 자연성을 평가하기 어렵다는 판단 하에 자연성을 생태계의 내재적 가치

평가기준에 포함시키지 않았다. 그러나 가치평가의 궁극적 목적인 관리도 구로서의 기능을 고려하여, 사람에 의한 교란활동(인공 해안제방, 해안도로, 양식시설, 대규모 맨손어업활동, 생태체험 등 레저 활동)의 유무를 바탕으로 자연성을 평가하는 보조적 지표로서 활용하였다. 인위적 교란 활동이 없는 곳은 5점을 부여하고, 각 요인마다 1점씩 감점하여, 최하 수준엔 1점을 배점하였다.

결론적으로 본 연구에서 채택한 생태적 가치평가 기준은 희소성, 집합성-생존적응성이며, 자연성은 보조 기준으로 사용하였다.

III. 생태적 가치평가 방안의 적용 : 인천연안 섬 갯벌

1. 연구지역

인천 연안은 전형적인 리아스식 해안으로 다양한 해안지형을 가지고 있고, 유인도와 무인도를 통틀어 155개의 섬이 분포하고 있다(인천광역시, 2007). 섬 주위엔 크고 작은 갯벌이 많이 분포하고 있는데 갯벌은 다양한 해양생물의 서식지이자 물새류의 중요한 먹이 터이며 오염물질을 정화시키는 등 중요한 생태계 서비스를 제공하고 있다. 인천 연안의 갯벌 면적은 709.6km^2 로 전국 갯벌의 28.5%에 해당하는 넓은 면적이다(해양수산부, 2014). 그러나 육상부의 용지부족으로 해안매립이 본격화되면서 수도권 쓰레기매립지 조성, 인천국제공항 건설, 송도-청라지구 신도시 조성 등으로 인해 그동안 198km^2 에 이르는 대규모의 갯벌이 매립되었다(김용하, 2009). 일부 섬에는 대규모 화력발전소가 들어섰고, 계속해서 그 규모를 늘려가고 있으며, 관광단지 건설 등의 대규모 개발계획이 수립되고 있다. 육지와 가까운 섬들은 연육교로 연결되면서 관광객의 유입이 늘어나 생태계

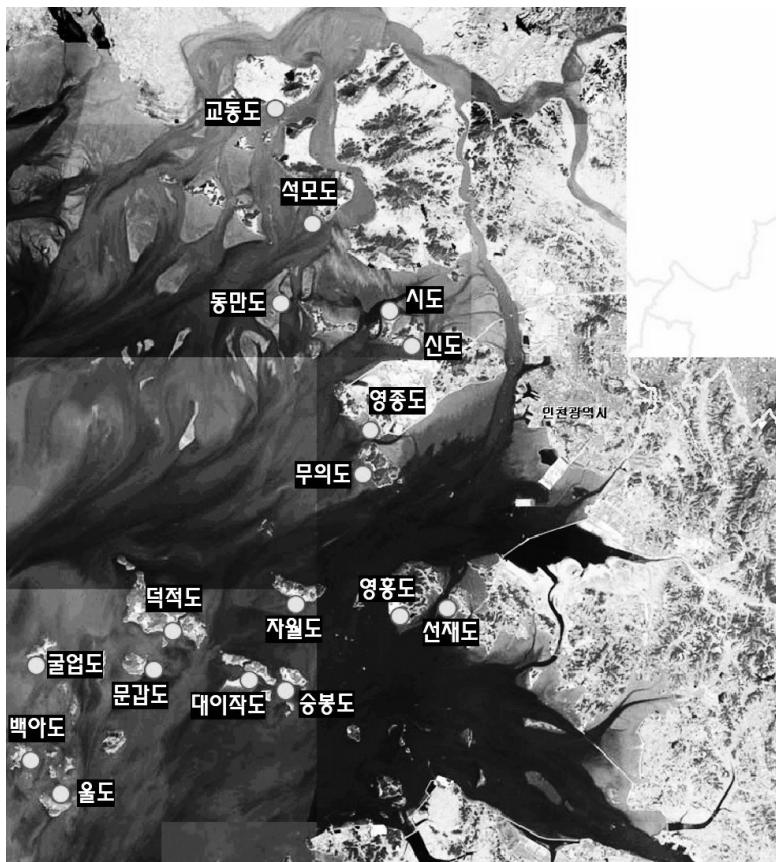
위해요소가 크게 증가하고 있다.

2. 구획나누기

인천연안 섬 갯벌의 생태적 가치를 평가하기 위하여 모래 갯벌부터 펠 갯벌까지 다양한 퇴적상이 포함되도록 총 17개 섬 갯벌을 평가대상으로 삼았다(<그림 1>). 평가를 위한 효율적인 도구와 구획방법은 GIS 프로그램과 격자망 기법을 이용하는 것이나, 평가대상 섬의 분포가 불규칙하여 각 섬 갯벌을 독립적인 구획으로 삼았다. 각 구획마다 조간대 상부로부터 하부까지 5개의 정점을 배치하여 갯벌생물(대형저서동물) 자료를 획득하였다.

3. 자료수집

갯벌에 서식하는 생물(대형저서동물)의 종조성과 개체수 및 생체량자료는 현장조사를 통해 직접 획득하였다. 현장조사는 2006년 7월부터 2007년 6월까지 연중 생물량이 가장 풍부한 하절기에 인천연안 17개 섬에서 이루어졌다. 각 섬마다 대표적인 조간대 갯벌을 택하여, 상부부터 하부까지 등 간격으로 5개 정점을 정하고, 원통형 캔 코어(80cm)로 6회씩 퇴적물을 반복 채집하였다. 이 퇴적물을 1mm 체로 걸러 생물을 포함한 잔존물을 10% 중성 포르말린으로 고정하였다. 실험실에서는 채집된 생물을 동물군별로 선별 해내고 가능한 한 종수준까지 동정하여 종별 개체수와 생체량 목록을 만들었다. 생체량은 표면의 습기만 제거한 후 무게를 쟀는 습중량(wet weight in gram)으로 표현했다.



〈그림 1〉 연구 대상지인 인천연안 17개 섬 갯벌의 위치

4. 평가문항 선정

본 연구에서는 생태적 가치를 평가하는 방법으로서 질문집근법(question-driven approach)을 채택하였다. 이 방법은 Smith and Theberge(1986)가 자연구역의 가치(value of natural areas)를 평가하기 위해 사용한 방법과 유

사하다. 생물다양성의 구조와 기능에 대한 자세한 평가문항이 만들어 질수록 평가는 더욱 객관적으로 이루어진다.

1) 희소성에 관한 평가문항

- 희귀종의 종수가 많은 곳은 어디인가?
- 희귀종의 밀도가 높은 곳은 어디인가?

2) 집합성-생존적응성에 관한 평가문항

- 일반종의 밀도가 높은 곳은 어디인가?
- 갯벌생물의 종수가 많은 곳은 어디인가?
- 갯벌생물의 생체량이 큰 곳은 어디인가?
- 생태적 중요종의 종수가 많은 곳은 어디인가?
- 생태적 중요종의 밀도가 높은 곳은 어디인가?
- 생태계 공학종의 종수가 많은 곳은 어디인가?
- 생태계 공학종의 밀도가 높은 곳은 어디인가?

3) 자연성에 관한 평가문항

- 사람에 의한 교란활동이 적은 곳은 어디인가?

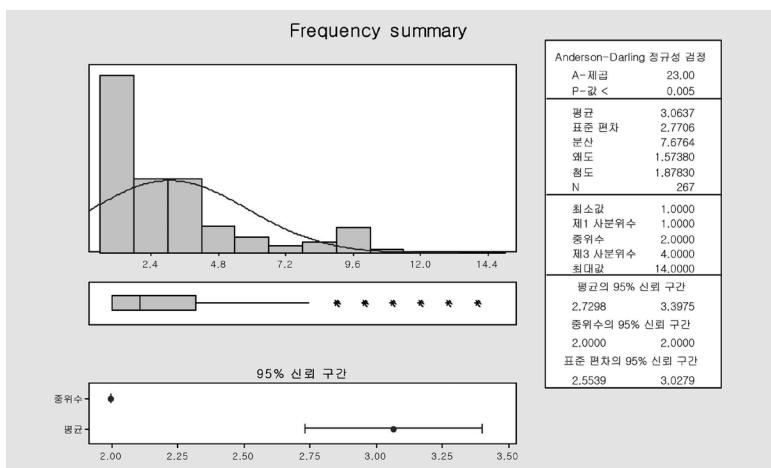
5. 연산방식 및 등급화

각 평가문항에 답하기 위하여 희귀종(rare species), 일반종(common species), 생태계 공학종(ecosystem engineer), 생태적 중요종(ecologically significant species)의 목록을 작성하였다(<표 1> ~ <표 4>).

전체 종 목록에서 희귀종을 구분하기 위하여 17개 섬에서 채집된 총 268 종의 출현빈도 분포를 살펴본 결과, 희귀종의 기준인 제1사분위수는 출현

빈도 1이었다(<그림 2>). 따라서 갯벌 저서생물 268종 가운데 한 곳에서만 출현한 112종은 희귀종으로, 나머지 156종은 일반종으로 구분하였다. 그런데 희귀종 목록을 보면 솜털바퀴실타래갯지렁이(*Chaetozone setosa*), 명주실타래갯지렁이(*Cirriformia tentaculata*), 작은부채발갯지렁이(*Eteone longa*) 같은 유기풀 오염지표종이 포함되어 있다. 이는 섬 갯벌이 육지부 갯벌에 비해 유기물오염원으로부터 멀기 때문에 오염지표종의 출현빈도가 낮아 희귀종으로 구분된 것으로 보인다. 따라서 오염지표종은 희귀종 목록에서 제외시켜 최종적으로 109종의 희귀종과 159종의 일반종으로 구분하였다(<표 1>, <표 2>).

다음 단계로 각 평가문항마다 관련된 종 목록을 기준으로 해당 종의 밀도 또는 생체량 분포를 파악하여 최소값, 20분위수, 40분위수, 60분위수, 80분위수, 최대값에 기초한 5개 계급 구간을 만들고 1점부터 5점까지 배점하였다. 최종적으로 각 갯벌의 총점을 구하고, 총점의 분포에 근거하여 5개 계급구간(Very Low, Low, Medium, High, Very High)을 만들어 생태적 가치 평가 등급을 매겼다.



<그림 2> 인천연안 17개 섬 갯벌생물의 출현빈도 분포

〈표 1〉 인천연안 17개 섬 갯벌의 저서생물 (희귀종)

학명	국명	학명	국명
<i>Acteocina coarctata</i>	복족류	<i>Magelona</i> sp.3	양손갯지렁이류
<i>Actiniaria spp.</i>	해변일미질류	<i>Megastomia clara</i>	부문화오리고동
<i>Alpheus japonicus</i>	긴발딱총새우	<i>Merita pilopropoda</i>	멜리타옆새우류
<i>Alpheus sp.</i>	딱총새우류	<i>Metaruncina</i> sp.	후새류
<i>Ampelisca arctica</i>	작은사슴갓지렁이	<i>Metedwardsia akkeshi</i>	가는벌레붙이말미잘
<i>Ampithoe valida</i>	불룩손참염새우	<i>Mitrella bicincta</i>	보리무름
<i>Ananites maculata</i>	네모부채발갓지렁이	<i>Monoculodes muwonii</i>	무드뿔불은눈염새우
<i>Anaitides</i> sp.	부채발갓지렁이류	<i>Nassarius castus</i>	고랑좁쌀무늬고동
<i>Anatanaïs normani</i>	주걱벌레붙이류	<i>Nebalia bipes</i>	박갑류
<i>Aphrodisa japonica</i>	갈고리고슴도치갓지렁이	<i>Nephrys chemulpoensis</i>	제물포백금갓지렁이
<i>Apseudidae</i> sp.	주걱벌레붙이류	<i>Nephrys</i> sp.	백금갓지렁이류
<i>Aricidea horikoshii</i>	별난가시갯지렁이류	<i>Nereis longior</i>	길쭉한갓지렁이
<i>Aricidea</i> sp.	별난가시갯지렁이류	<i>Nipponomycesella</i> sp.	더부살이조개류
<i>Athanas marshallensis</i>	새우류	<i>Nymphon</i> sp.	기생바다거미류
<i>Cabira pilargiformis</i>	투구갓지렁이류	<i>Ogyrides orientalis</i>	뿔눈새우
<i>Cavicularia obesa</i>	바다선인장	<i>Oligochaeta</i> sp.	환형동물 빙모류
<i>Cinctiscala</i> sp.	실꾸리고동류	<i>Orinella dunkeri</i>	갈색띠회오리고동
<i>Cirrolana japonensis</i>	왜모래무지벌레	<i>Palaemon gravieri</i>	그리비새우
<i>Cirrophorus branchiatus</i>	채찍벌난가시갯지렁이	<i>Papyriscala</i> sp.	실꾸리고동류
<i>Cirrophorus</i> sp.	별난가시갯지렁이류	<i>Paracondylactis hertwigi</i>	죽해벌레미질
<i>Cleantiooides japonica</i>	왜주걱벌레붙이	<i>Paranthura japonica</i>	큰마디벌레
<i>Cyclina sinensis</i>	가무락조개	<i>Paeasilia habei</i>	난쟁이총알고동
<i>Cypridina hilgendorfii</i>	갓반디	<i>Perinereis aibuhitensis</i>	눈썹첨갓지렁이류
<i>Dendrostomum</i> sp.	성구동물류	<i>Phascolosomatidae</i> sp.	등족수별벌레과
<i>Diastylis implicata</i>	긴꼬리울챙이새우류	<i>Photis longicaudata</i>	육질꼬리옆새우류
<i>Dimorphothysa asiatica</i>	보통이형울챙이새우	<i>Phyo felix asiaticus</i>	아시아고갈갯지렁이
<i>Echinocardium cordatum</i>	모래무지염통성게	<i>Pinnixa tumida</i>	흰해삼속설이개
<i>Edwardsiidae</i> sp.	벌레붙이말미잘류	<i>Pinnotheres pholadis</i>	선속설이개
<i>Edwardsioides</i> japonica	벌레붙이말미잘	<i>Pinnotheres sinensis</i>	굴속설이개
<i>Elachisina zizcac</i>	기수까고동붙이	<i>Pista cristata</i>	총채유령갓지렁이
<i>Eohaustorioides koreanus</i>	모래무지염새우류	<i>Podarceopsis</i> sp.	수염갯지렁이류
<i>Eohaustorioides setulosus</i>	털보모래무지염새우	<i>Poecilochætus johnsoni</i>	사천왕갓지렁이
<i>Eulima bifascialis</i>	비늘고동	<i>Polyonyx asiaticus</i>	밀집벌레계붙이
<i>Eulimidae</i> spp.	비늘고동류	<i>Praxillella affinis</i>	꼬리내나무갓지렁이
<i>Euzonus dillonensis</i>	요정갓지렁이류	<i>Pseudoeatrema fortilirata</i>	격자고동
<i>Exciriola chiltoni</i>	모래무지벌레	<i>Retusa matusimanus</i>	두툼쌀알고동
<i>Fairbankiidae</i> sp.	복족류	<i>Rissinoïdæ</i> sp.	루소고동과
<i>Galathowenia oculata</i>	싸리버섯갓지렁이류	<i>Schistomerings</i> spp.	구슬수염갯지렁이류
<i>Glycera onomichiensis</i>	오노미치미갑갓지렁이	<i>Scolelepis variegata</i>	얼굴갓지렁이류
<i>Gomphina veneriformis</i>	대복	<i>Semelangulus tokubei</i>	작은대양조개
<i>Goniada japonica</i>	큰갈매기고리갓지렁이	<i>Lygdamiis giardi</i>	흙울타리갓지렁이
<i>Goniada maculata</i>	작은갈매기고리갓지렁이	<i>Signaloniidae</i> spp.	고발비늘갓지렁이류
<i>Grandifoxus cuspis</i>	네가시간뿔염새우	<i>Skeneidae</i> sp.	반투명꼬마고동과
<i>Grandifoxus malipoensis</i>	두가시간뿔염새우	<i>Spiro</i> sp.	달걀얼굴갓지렁이류
<i>Helice tridens</i> tridens	방게	<i>Spiophanes bombyx</i>	민얼굴갓지렁이
<i>Hesionides</i> sp.	수염갓지렁이류	<i>Stylochus</i> sp.	편형동물
<i>Idotea metallica</i>	떠돌이주걱벌레	<i>Talorchestia sinensis</i>	도연역새우류
<i>Ikedosoma</i> sp.	의충동물	<i>Temanella turrita</i>	방울고동
<i>Ilyoplax deschampsi</i>	펄콩게	<i>Tiberia pulchella</i>	매끈이회오리고동
<i>Jassa falcata</i>	가시꼬리육질꼬리옆새우붙이	<i>Tritodynamia horvathi</i>	높은등옆길개
<i>Laternula</i> sp.	운모조개류	<i>Umbonium costatum</i>	비단고동
<i>Lepidonotinae</i> spp.	비늘갓지렁이류	<i>Upogebia major</i>	쏙
<i>Leptochela gracilis</i>	돛대기새우	<i>Wallucina cf. lamyi</i>	꽃잎조개류
<i>Luidia quinaria</i>	검은띠불가사리	<i>Fronsella fujitaniana</i>	이매패류
<i>Lunatia gilva</i>	갓우렁이		

〈표 2〉 인천연안 17개 섬 갯벌의 저서생물 (일반종)

학명	국명	학명	국명
<i>Aedicira pacifica</i>	태평양별난가시갯지렁이	<i>Glossaulax didyma</i>	큰구슬우렁이
<i>Agatha virgo</i>	이빨회오리고동	<i>Glycera chirori</i>	치로리미갑갯지렁이
<i>Alvenius ojjanus</i>	겨자씨조개	<i>Glycera subaenea</i>	청동미갑갯지렁이
<i>Amaeana occidentalis</i>	유령갯지렁이류	<i>Glycinde gurjanovae</i>	고리갯지렁이류
<i>Ampelisca bocki</i>	안경염새우류	<i>Golfingiidae sp.</i>	미끈이벌벌레류
<i>Ampelisca brevicornis</i>	짧은뿔안경염새우	<i>Grandidierella japonica</i>	발성육질꼬리염새우
<i>Amphino megalopomus</i>	부리양목갯지렁이	<i>Grandifoxus bangpoensis</i>	민가시긴뿔염새우
<i>Amphisamytha japonica</i>	양거미불가사리류	<i>Harmothoinae spp.</i>	비늘갯지렁이류
<i>Amphiura aestuarii</i>	고리사슴갯지렁이	<i>Haustoriooides koreanus</i>	긴털모래염새우
<i>Amphiura koreae</i>	아기풀거미불가사리	<i>Hediste japonica</i>	참갯지렁이
<i>Amphiura sinicola</i>	턱뱀거미불가사리	<i>Hemigrapsus penicillatus</i>	풀게
<i>Amphiura vadicolor</i>	간팔거미불가사리	<i>Heteromastus filiformis</i>	버들갯지렁이류
<i>Anaitides koreana</i>	연안거미불가사리	<i>Hexacorallia sp.</i>	해변말미잘류
<i>Aonides oxycephala</i>	한국부체발갯지렁이	<i>Ilyoplax pingi</i>	펄털콩게
<i>Arooides columbiae</i>	얼굴갯지렁이류	<i>Kamaka sp.</i>	옆새우류
<i>Arctonoidea spp.</i>	북태평양육질꼬리염새우류	<i>Lagis bocki</i>	잎빛갯지렁이
<i>Aricidea (A.) assimilis</i>	비늘갯지렁이류	<i>Leonnates persica</i>	사자머리참갯지렁이류
<i>Aricidea elongata</i>	송털별난가시갯지렁이	<i>Lineus spp.</i>	끈벌레류
<i>Aricidea wassi</i>	별난가시갯지렁이류	<i>Lingula unguis</i>	개맛
<i>Armandia lanceolata</i>	왓스별난가시갯지렁이	<i>Loimia medusa</i>	괴물유령갯지렁이
<i>Ascidiae sp.</i>	침보석요정갯지렁이	<i>Lumbrineris heteropoda</i>	긴다리송곳갯지렁이
<i>Assiminea japonica</i>	파낭류	<i>Lumbrineris longifolia</i>	긴자락송곳갯지렁이
<i>Asthenognathus inaequipes</i>	기수우렁이	<i>Lumbrineris nipponica</i>	짧은다리송곳갯지렁이
<i>Batillaria cumingii</i>	납작등개	<i>Lysianassidae spp.</i>	긴팔염새우류
<i>Bodotria ovalis</i>	댕거리	<i>Macrophthalmus dilatatus</i>	길게
<i>Bullacta exarata</i>	참율챙이염새우류	<i>Macrophthalmus japonicus</i>	철계
<i>Capitella capitata</i>	민챙이	<i>Mactra chinensis</i>	개랑조개
<i>Caprella spp.</i>	등가시버들갯지렁이	<i>Mactra veneriformis</i>	동죽
<i>Ceratonereis erythraeensis</i>	바다대벌레류	<i>Magelona japonica</i>	양손갯지렁이
<i>Chaetozone setosa</i>	붉은집침갯지렁이	<i>Magelona sp. 1</i>	양손갯지렁이류
<i>Charybdis japonica</i>	송털바퀴실타래갯지렁이	<i>Mandibulophoxus mai</i>	일곱가시긴뿔염새우
<i>Chironomidae spp.</i>	민꽃게	<i>Mediomastus californiensis</i>	버들갯지렁이류
<i>Cirriformia tentaculata</i>	깔따구류	<i>Melanella acicula</i>	흰곧은바늘고동
<i>Cirrophorus furcatus</i>	명주실타래갯지렁이	<i>Melita longidactyla</i>	멜리타염새우류
<i>Cleistostoma dilatatum</i>	두갈래별난가시갯지렁이	<i>Mesochaetopterus japonicus</i>	밀짚날개갯지렁이
<i>Crangon affinis</i>	세스랑개	<i>Micrura sp.</i>	끈벌레류
<i>Cyathura higoensis</i>	자주사우	<i>Moerella rutila</i>	민띠접시조개
<i>Cycladicama cumingii</i>	모래마디벌레	<i>Moerella sp.</i>	접시조개류
<i>Cylichnatis angusta</i>	노랑불록조개	<i>Monocorophium acherusicum</i>	두가시육질꼬리염새우
<i>Diastylis paratricinta</i>	쌀알민챙이	<i>Monoculodes koreanus</i>	뾰족뿔불은눈염새우
<i>Dimorphostylis brevicaudata</i>	가슴줄긴꼬리를챙이새우	<i>Musculista senhousia</i>	종잇
<i>Diogenes edwardsii</i>	주름뺨이형을챙이새우	<i>Mysidacea spp.</i>	곤쟁이류
<i>Diopatra sugokai</i>	넓적원순집개	<i>Nassarius festivus</i>	왕좁쌀무늬고동
<i>Eochelidium miraculum</i>	털보집갯지렁이	<i>Nassarius variciferus</i>	언덕좁쌀무늬고동
<i>Eohaustorius longidactylus</i>	불온눈염새우류	<i>Neanthes succinea</i>	두줄박이참갯지렁이
<i>Eohaustorius longidactylus</i>	긴발기락모래무지염새우	<i>Nemertinea spp.</i>	끈벌레류
<i>Eohaustorius spinigerus</i>	가시발모래무지염새우	<i>Nephtys californiensis</i>	백금갯지렁이류
<i>Ericthonius pugnax</i>	넓은미디육질꼬리염새우불이	<i>Nephtys polybranchia</i>	남방백금갯지렁이
<i>Eteone longa</i>	작은부채발갯지렁이	<i>Nereidae sp.</i>	참갯지렁이류
<i>Eteone sp.</i>	부채발갯지렁이류	<i>Nippoleucon hinunensis</i>	벗갈고리채찍을챙이새우
<i>Excirrolana japonica</i>	모래무지벌레류	<i>Nipponomyssela oblongata</i>	거미불가사리조개
<i>Exosphaeroma ovata</i>	잔벌레류	<i>Nitidotellina sp.</i>	접시조개류
<i>Gammarsopsis japonica</i>	육질꼬리염새우류	<i>Notomastus latericeus</i>	가는버들갯지렁이
<i>Glauconome chinensis</i>	갈색새알조개	<i>Nudibranchia spp.</i>	복족류

학명	국명	학명	국명
<i>Ocyopode stimpsoni</i>	달랑게	<i>Nuttallia japonica</i>	빛조개
<i>Oenonidae spp.</i>	홍점갯지렁이류	<i>Ruditapes philippinarum</i>	바지락
<i>Onuphis eremita</i>	수염갯지렁이류	<i>Scolelepis kudenovi</i>	얼굴갯지렁이류
<i>Ophiclinus affinis</i>	유사뱀이거미불가사리	<i>Scoloplos armiger</i>	삼각모자갯지렁이
<i>Oratosquilla oratoria</i>	갯가재	<i>Scopimera globosa</i>	엽낭개
<i>Ostracoda spp.</i>	패충류	<i>Sigambra tentaculata</i>	투구갯지렁이류
<i>Owenia gomsoni</i>	싸리버섯갯지렁이류	<i>Siliqua pulchella</i>	꼬마보리맛조개
<i>Paralacydonia paradoxoa</i>	은갯지렁이	<i>Sipunculoidea spp.</i>	성구동물류
<i>Paraoonis gracilis</i>	별난가시갯지렁이류	<i>Spio martinensis</i>	달걀얼굴갯지렁이류
<i>Phacosoma japonicus</i>	떡조개	<i>Spiochaetopterus koreana</i>	한국날개갯지렁이
<i>Philine argentata</i>	흰민치이	<i>Stenothyra edogawaensis</i>	흑색반점기수우렁이
<i>Philomedes japonica</i>	패충류	<i>Sternaspis scutata</i>	오뚜기갯지렁이
<i>Philyra pisum</i>	방게	<i>Syllidae spp.</i>	염주발갯지렁이류
<i>Phoronis sp.</i>	비벌레류	<i>Synidotea sp.</i>	동근주걱벌레류
<i>Podarke sp.</i>	수염갯지렁이류	<i>Thalassema sp.</i>	의총동물
<i>Polydora spp.</i>	긴얼굴갯지렁이류	<i>Tharyx spp.</i>	실타래갯지렁이류
<i>Pontogeneia rostrata</i>	북태평양짧은체작염새우	<i>Theora fragilis</i>	야기반투명조개
<i>Prionospio (M.) japonica</i>	매끈예쁜얼굴갯지렁이	<i>Tritodynamia rathbuni</i>	옆길개
<i>Prionospio (P.) paradisea</i>	예쁜얼굴갯지렁이류	<i>Umbonium thomasi</i>	황해비단고동
<i>Prionospio membranacea</i>	예쁜얼굴갯지렁이류	<i>Urechis unicinctus</i>	개풀
<i>Protankyra bidentata</i>	가시낮해삼	<i>Urothoe convexa</i>	블록손모래무지염새우사촌
<i>Pseudopolydora kempfi</i>	선녀얼굴갯지렁이류	<i>Urothoe gelasina ambigua</i>	모래무지염새우사촌류
<i>Pseudopolydora paucibranchiata</i>	둥근선녀얼굴갯지렁이	<i>Urothoe grimaldii japonica</i>	넓적다리모래무지염새우사촌
<i>Pseudopythina tsurumaru</i>	황색가재더부살이조개	<i>Urothoe spp.</i>	모래무지염새우사촌류
<i>Raeatellops pulchella</i>	쇄기랑조개	<i>Virgularia juncea</i>	골풀버들조름
<i>Ringicula doliaris</i>	두툼입술고동		

〈표 3〉 인천연안 17개 섬 갯벌의 저서생물 (생태적 중요종)

생태적 기능	학명	국명
수산업종	<i>Ruditapes philippinarum</i> <i>Macra veneriformis</i> <i>Macra chinensis</i> <i>Gomphina veneriformis</i> <i>Nuttallia japonica</i>	바지락 동죽 개량조개 대복 빛조개
주요 포식자	<i>Charybdis japonica</i> <i>Luidia quinaria</i> <i>Lunatiagilva</i> <i>Echinocardium cordatum</i> <i>Crangon affinis</i>	민꽃게 검은띠불가사리 갯우렁이 모래무지염통성개 자주새우

〈표 4〉 인천연안 17개 섬 갯벌의 저서생물 (생태계 공학종)

생태적 기능	학명	국명
생물교반	<i>Asthenognathus inaequipes</i> <i>Cleistostoma dilatum</i> <i>Grandidierella japonica</i> <i>Helice tridens</i> <i>Macrophthalmus dilatatus</i> <i>Macrophthalmus japonicus</i> <i>Ocyopode stimpsoni</i> <i>Oratosquilla oratoria</i>	납작등게 세스랑개 발성육질꼬리염새우 방게 길게 칠게 달랑게 갯가재

생태적 기능	학명	국명
	<i>Protankyla bidentata</i> <i>Scopimera globosa</i> <i>Upogebia major</i> <i>Urechis unicinctus</i>	가시닻해삼 엽낭게 쏙 개불
서식구조물 형성	<i>Diopatra sugokai</i> <i>Galathowenia oculata</i> <i>Lagis bocki</i> <i>Loimia medusa</i> <i>Lygdamis giardi</i> <i>Mesochaetopterus japonicus</i> <i>Onuphis eremita</i> <i>Owenia gomsoni</i> <i>Pista cristata</i> <i>Praxillella affinis</i> <i>Pseudopolydora kempfi</i> <i>Pseudopolydora paucibranchiata</i> <i>Spiochaetopterus koreana</i> <i>Musculista senhousia</i>	털보집갯지렁이 싸리버섯갯지렁이류 잎빗갯지렁이 괴물유령갯지렁이 홀울타리갯지렁이 밀짚날개갯지렁이 수염갯지렁이류 싸리버섯갯지렁이류 총채유령갯지렁이 꼬리대나무갯지렁이 선녀얼굴갯지렁이류 등근선녀얼굴갯지렁이 한국날개갯지렁이 종밋

6. 결과 및 고찰

1) 희귀종의 종수가 많은 곳은 어디인가?

갯벌생태계의 희소성(고유성)을 평가하기 위한 방법의 하나로 각 지역별로 희귀종의 종수를 계수하였다. 지역별로 희귀종의 수는 1~15종의 분포범위를 보였으며, 5개 계급구간으로 나누어 점수를 차등 부여하였다 (<표 5>). 문갑도, 승봉도, 영종도, 대이작도는 희귀종이 11종 이상으로 가

<표 5> 인천연안 17개 섬 갯벌의 희귀종 종수에 따른 지역별 평가점수

평가 항목	교동	굴업	무의	이작	덕적	동만	문갑	백아	석모	선재	승봉	시도	신도	영종	영흥	울도	자월
희귀종 종수 (종/0.25m ²)	2	4	5	12	3	6	14	1	5	6	15	3	3	13	2	8	7
평가 점수	1	3	3	5	2	4	5	1	3	4	5	2	2	5	1	4	4
종수 범위 (Min~Max)				점수				등급 기준(cut-off)						기준치			
1	2			1				20분위수						3			
3	3			2				40분위수						4			
4	5			3				60분위수						6			
6	10			4				80분위수						11			
11	15			5													

장 다양한 희귀종이 서식하는 곳으로 평가되었다. 반면에 교동도, 백아도, 영홍도는 희귀종의 수가 가장 적었다.

2) 희귀종의 밀도가 높은 곳은 어디인가?

희귀종의 밀도는 동만도, 대이작도, 문갑도, 울도에서 가장 높았으며, 지역별로 20~3,040 개체/5m²의 분포범위를 보였다<표 6>. 특히, 대이작도와 문갑도는 희귀종의 종수와 밀도 두 항목 모두에서 최고점을 받음으로써 희소성(rarity)이 매우 높은 갯벌 생태계로 평가되었다. 동만도에서 최대값을 보인 희귀종은 텔보모래무지옆새우(*Eohaustorius setulosus*)로서 2,700 개체/5m²의 밀도를 보였다. 대이작도, 문갑도, 울도에서는 각각 보통이형올챙이새우(*Dimorphostylis asiatica*), 모래무지벌레(*Excirolana chiltoni*), 볼록손참옆새우(*Ampithoe valida*)의 밀도가 높았다.

<표 6> 인천연안 17개 섬 갯벌의 희귀종 밀도에 따른 지역별 평가점수

평가 항목	교동	굴업	무의	이작	덕적	동만	문갑	백아	석모	선재	승봉	시도	신도	영종	영홍	울도	자월
희귀종의 밀도 (개체수/5m ²)	40	140	120	600	100	3040	600	20	100	240	460	260	80	320	40	640	160
평가 점수	1	3	2	5	2	5	5	1	2	3	4	4	1	4	1	5	3
밀도 범위 (Min~Max)		점수		등급 기준(cut-off)						기준치							
1		83		1						20분위수						84	
84		127		2						40분위수						128	
128		251		3						60분위수						252	
252		571		4						80분위수						572	
572		3040		5													

3) 일반종의 밀도가 높은 곳은 어디인가?³⁾

일반종의 밀도가 가장 높은 곳은 덕적도, 무의도, 영홍도, 문갑도였다. 지역별로는 1,040~65,920 개체/5m²의 분포범위를 보여 편차가 매우 커

3) 지면관계로 3) 일반종의 밀도부터 9) 생태계 공학종의 밀도 평가표까지 생략하였음.

는데, 덕적도 모래갯벌이 긴털모래옆새우(*Haustoroides koreanus*)의 고밀도 패치분포(59,160 개체/5 m²)에 힘입어 일반종의 최대 밀집지역이 되었다. 영흥도와 무의도 갯벌에서는 모래갯벌의 우점종인 황해비단고등(*Umbonium thomasi*)의 밀도가 높았으며(각각 14,300개체와 9,640 개체/5 m²), 문갑도에서는 발성육질꼬리옆새우(*Grandidierella japonica*)가 우점하였다(5,400 개체/5 m²). 이로써 문갑도는 희귀종과 일반종 모두 높은 서식밀도를 보이는 특성을 가졌다.

4) 갯벌생물의 종수가 많은 곳은 어디인가?

갯벌생물의 종수가 가장 많은 곳은 영종도, 대이작도, 무의도, 자월도였다. 이들 갯벌에서는 단위면적(0.25 m²)당 73~85종이 서식함으로써 가장 높은 평가점수인 5점씩을 받았다. 그 다음으로는 문갑도, 승봉도, 울도 갯벌이 4점씩을 받았다. 반면에 갯벌생물의 종수가 가장 적은 곳은 교동도, 쿨업도, 동만도, 신도였다. 교동도 갯벌은 해안선에서 저조선까지의 경사가 매우 급하고 길이가 짧을 뿐만 아니라 지리적 위치가 한강 하구역에 속하는 곳으로서 물리적 환경조건이 가장 열악한 곳 가운데 하나다.

5) 갯벌생물의 생체량이 큰 곳은 어디인가?

갯벌생물의 생체량이 큰 곳은 울도, 영흥도, 백아도, 동만도였다. 울도와 백아도에서는 개량조개(*Mactra chinensis*)가 우점하여 생체량이 컸으며(각각 7,966g, 1,038g/5 m²), 영흥도에서는 황해비단고등(*Umbonium thomasi*), 동만도에서는 가무락조개(*Cyclina sinensis*)가 각각 3,218 g/5 m², 1,475 g/5 m²의 높은 생체량을 기록했다.

6) 생태적 중요종의 종수가 많은 곳은 어디인가?

생태적 중요종은 무의도와 자월도에 많았다. 무의도 갯벌에는 중요 수산

자원인 동죽(*Mactra veneriformis*)과 개량조개(*Mactra chinensis*)가 많았다. 또한 강력한 포식자이자 중요 수산자원인 민꽃게(*Charybdis japonica*)와 주로 얕은 바다에 양적으로 풍부하여 상위 포식자(주로 어류, 게류, 바닷새)에게 좋은 먹이원이 되는 자주새우(*Crangon affinis*)도 서식하였다. 자월도 갯벌에도 역시 수산자원으로 중요한 바지락(*Ruditapes philippinarum*), 동죽, 빛조개(*Nuttallia japonica*)와 자주새우가 서식하였다.

7) 생태적 중요종의 밀도가 높은 곳은 어디인가?

생태적 중요종의 밀도는 울도, 동만도, 무의도, 자월도에서 높았다. 울도에서는 개량조개의 밀도가 높았으며(1,160개체/5m²), 동만도에서는 빛조개(900개체/5m²), 무의도에서는 개량조개(240개체/5m²)와 동죽(200개체/5m²), 자월도에서는 바지락(120개체/5m²)과 동죽(100개체/5m²)의 밀도가 상대적으로 높았다.

8) 생태계 공학종의 종수가 많은 곳은 어디인가?

생태계 공학종에 속하는 종들은 영종도, 무의도, 대이작도, 자월도, 문갑도에 많았다. 영종도 갯벌에서는 칠개(*Macrophthalmus japonicus*), 가시닻해삼(*Protankyra bidentata*), 납작등게(*Asthenognathus inaequipes*), 수염갓지렁이류(*Onuphis eremita*) 등 9종이 출현하였다. 무의도 갯벌에서는 가시닻해삼과 납작등게 등 8종이 출현하였고, 대이작도 갯벌에서는 가시닻해삼과 납작등게 등 7종, 자월도에서는 엽낭개(*Scopimera globosa*), 텔보집갓지렁이(*Diopatra sugokai*) 등 6종이 출현하였다.

9) 생태계 공학종의 밀도가 높은 곳은 어디인가?

생태계 공학종의 밀도는 시도와 영종도에서 높았다. 시도 갯벌에서는 칠개가 1,400개체/5m²의 밀도로 서식하였고, 영종도에서는 칠개(300개체/5

m²), 가시닻해삼(240개체/5 m²), 납작등게(200개체/5 m²)가 우점하였다.

10) 사람에 의한 교란활동이 적은 곳은 어디인가?

갯벌생태계를 크게 교란시킬 만한 인위적 활동은 다양하다. 그 가운데 다섯 가지(제방, 해안도로 또는 진입로, 양식시설, 대규모 맨손어업 활동, 생태체험 등 레저 활동)를 선택하여 각 섬의 현황을 파악해본 결과, 굴업도가 가장 인위적인 훼손을 덜 받은 곳으로 평가되었고, 교동도, 대이작도, 동만도, 백아도가 뒤를 이었다(<표 7>).

<표 7> 인천연안 17개 섬 갯벌의 인위적 교란요소에 따른 지역별 평가점수

교란요소	교동	굴업	무의	이작	덕적	동만	문갑	백아	석모	선재	승봉	시도	신도	영종	영흥	울도	자월
해안제방	-1	0	-1	-1	-1	0	-1	0	0	-1	0	0	-1	0	-1	-1	0
해안도로	0	0	0	0	-1	0	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
양식시설	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	0	0	0	0	0	0	0	0
맨손어업활동	0	0	-1	0	0	-1	0	0	0	0	0	0	0	-1	-1	0	0
레저활동	0	0	-1	0	0	0	0	0	0	0	-1	-1	0	-1	0	0	-1
감점누계	-1	0	-3	-1	-2	-1	-2	-1	-2	-2	-2	-2	-2	-3	-3	-2	-2
평가점수	4	5	2	4	3	4	3	4	3	3	3	3	3	2	2	3	3

11) 종합 평가

인천연안 17개 섬 갯벌에 대한 생태적 가치평가를 위해 생태계 고유의 내재적 가치기준을 설정하고, 질문접근법을 통해 가치를 정량화시켜 최종적으로 5개 등급으로 가치를 매겼다. 생태계 고유의 내재적 가치기준에 부합하는 9가지의 질문에 대한 평가결과, 4개 갯벌(대무의도, 대이작도, 자월도, 영종도 갯벌)이 가장 높은 생태적 가치(Very High value)를 가진 것으로 평가되었다(<표 8>). 다음으로 비교적 높은 생태적 가치(High value)를 가진 갯벌은 3곳으로 동만도, 문갑도, 울도 갯벌이었다. 중간수준의 가치

(Medium value)로 평가된 갯벌은 3곳으로 덕적도, 선재도, 승봉도 갯벌이었다. 비교적 낮은 수준의 가치(Low value)로 평가된 갯벌은 3곳으로 백아도, 시도, 영홍도 갯벌이었다. 가장 낮은 수준의 가치(Very Low value)로 평가된 갯벌은 4곳으로 교동도, 굴업도, 석모도, 신도 갯벌이었다.

〈표 8〉 인천연안 17개 섬 갯벌에 대한 생태적 가치평가 종합결과

평가항목	교 동	굴 업	무 의	이 작	덕 적	동 만	문 갑	백 아	석 모	선 재	승 봉	시 도	신 도	영 종	영 홍	울 도	자 월
희귀종의 종수	1	3	3	5	2	4	5	1	3	4	5	2	2	5	1	4	4
희귀종의 밀도	1	3	2	5	2	5	5	1	2	3	4	4	1	4	1	5	3
일반종의 밀도	1	2	5	3	5	2	5	3	1	1	2	4	1	4	5	4	3
저서생물의 종수 (종풍부도)	1	1	5	5	3	1	4	2	3	3	4	2	1	5	2	4	5
저서생물의 생체량	1	2	4	3	4	5	3	5	1	2	3	1	1	2	5	5	4
생태적 중요종 종수	1	2	5	4	2	3	2	4	2	3	4	1	1	3	4	3	5
생태적 중요종 밀도	1	2	5	3	1	5	2	4	2	4	4	1	1	3	3	5	5
생태계 공학종 종수	1	1	5	5	4	3	5	2	3	4	3	3	3	5	1	2	5
생태계 공학종 밀도	1	2	4	4	3	4	2	2	3	4	2	5	4	5	1	2	3
종합 점수	9	18	38	37	26	32	33	24	20	28	31	23	15	36	23	34	37
생태가치등급	VL	VL	VH	VH	M	H	H	L	VL	M	M	L	VL	VH	L	H	VH
자연성 (낮은 교란요소)	4	5	2	4	3	4	3	4	3	3	3	3	3	2	2	3	3
종합점수	13	23	40	41	29	36	36	28	23	31	34	26	18	38	25	37	40
생태가치등급	VL	L	VH	VH	M	H	H	M	L	M	M	L	VL	VH	L	H	VH

(VL=very low, L=low, M=medium, H=high, VH=very high)

12) 고찰

조사 기간 중 인천연안의 17개 섬 갯벌에서 총 268종의 갯벌생물이 채집되었고 희귀종 선별 기준에 따라 출현빈도 하위 순위 25%(=출현빈도 1회)에 속하는 109종이 희귀종으로 구분되었다. 전체 출현 종 가운데 41.7%가 희귀종으로 구분된 셈인데, 이렇게 높은 비율은 자료가 충분치 않아 발생한 일종의 통계적 과장으로 보인다. <그림 2>의 출현빈도 곡선을 보면 자

료가 정규분포하지 않고 지나치게 왼쪽으로 편중되어 있다. 이는 조사지역의 넓은 공간규모에 비해 실제 생물표본 채집을 위한 조사면적과 조사회수가 충분하지 않아 지역 당 1회만 채집된 생물이 많았다는 뜻이다. 희귀종 목록을 보더라도 방개(*Helice tridens tridens*), 갯우렁이(*Lunatia gilva*), 쑥(*Upogebia major*), 가무락조개(*Cyclina sinensis*) 등 비교적 갯벌에서 흔히 발견되는 생물이 희귀종으로 구분되어 있다는 것은 이 같은 해석을 가능하게 한다. 유사 연구사례로서 호주 남부의 13개 조간대 해역에서 1995년부터 2000년까지 총 200회의 조사를 통해 연체동물군집의 희소성 결정 기준을 연구한 결과에서는 희귀종의 비율이 26.7% 정도였다(Benkendorff and Przeslawski, 2008). 따라서 앞으로 갯벌생물에 대한 조사 자료가 누적된다면 희귀종의 구분에 대한 신뢰도는 높아질 수 있을 것이다.

생물다양성은 생태계의 가치 척도로서 중요하다. 많은 연구자들이 종풍부도(species richness)를 통해 생물다양성을 표현하고 있으나 하나의 단일지수로 생물다양성을 나타내는 것은 주의를 요한다(Margules and Pressey 2000, Purvis and Hector 2000, Price 2002). 본 연구에서 종풍부도를 단일 평가기준으로 삼아 갯벌의 생태적 가치를 평가했을 때와 9개 평가기준을 종합적으로 고려했을 때의 결과를 살펴보면, 총 17 곳 가운데 세 곳의 결과만 서로 상이하였으므로 종풍부도가 단일지표로서 갖는 매력은 매우 크다. 그러나 동만도와 석모도의 경우를 보면, 역시 단일 지표가 갖는 한계가 잘 드러난다. 동만도 갯벌은 종풍부도 측면에서는 매우 낮은 가치등급(Very Low value)을 받았으나, 종합평가에서는 높은 가치등급(High value)을 받았기 때문이다. 이는 비록 종 다양성은 떨어지지만, 생태적으로 중요한 종들이 고밀도로 서식하고, 갯벌의 생물량 또한 풍부한 점이 반영된 결과이다. 반면에 석모도 갯벌은 종풍부도 면에서는 중간 수준 (Medium value)의 등급을 받았으나, 종합평가에서는 매우 낮은 가치등급(Very Low value)을 받았다. 이는 갯벌의 생물량이 적고 생태계의 기능을 좌우하는 생태적

중요종의 종류와 개체수가 적었기 때문이다. 이처럼 생태적 가치를 평가할 때는 여러 생태적 기능이 종합적으로 평가될 수 있도록 종합지표 시스템을 개발하여 사용하는 것이 바람직하다.

한편, 향후 연구에서 평가방법상 개선되어야 할 점들도 많이 발견되었다. 비록 생태적 가치평가의 개념과 프로토콜을 작성함에 있어 최대한 객관적이고 과학적인 방법을 채택하고자 하였으나 여전히 몇몇 주관적인 과정이 내포되어 있다. 예를 들면, 생태적 중요종의 선정에 있어서 개별 생물에 대한 정보가 매우 빈약하고 단편적이어서 연구자의 주관적인 경험에 따른 정보가 많이 사용되었다는 점이다. 이와 더불어 가치평가 과정에 대한 일반적인 민감도 분석(sensitive analysis) 또한 추가되어야 할 것으로 보인다. 예를 들면 결과에 가장 큰 영향을 미치는 평가문항 또는 생태계 구성요소가 있는지 통계분석을 통해 찾아내고 한쪽으로 치우침을 최소화할 방안을 만들어야 한다. 또한 모든 평가문항에 대해 동일한 가중치를 적용하여 산술 합산하는 것이 타당한지에 대해서도 추가 연구가 필요하다. 한편, 교동도와 석모도 같이 본래부터 물리화학적 환경조건이 열악하여 생물다양성이 낮은 하구역 갯벌이나 굴업도 같이 기본적으로 생물량이 적은 전형적인 모래갯벌에 대해서 동일한 평가기준을 적용할 경우, 고유의 내재적 가치가 과소평가될 우려가 크다. 따라서 갯벌의 유형에 따라 독립적인 평가방안이 마련되어야 할 것으로 사료된다.

IV. 결론

해양환경이 과다한 이용으로 스트레스가 가중되고 있다. 이에 따라 해양 자원과 공간을 지속가능하게 이용해야한다는 인식이 매우 높아졌다. 지속 가능한 해양환경이 되려면 무엇보다 관리정책의 균형 잡힌 의사결정이 내

려져야하고, 이를 위해서는 경제적 사용가치 뿐만 아니라 비사용가치, 다시 말해 해양생태계가 갖는 생태적 고유가치도 고려해야한다.

본 연구에서는 우리나라 해양환경 가운데 가장 개발압력이 높은 곳 가운데 하나인 인천 주변 섬 갯벌에 대한 생태적 가치를 평가하였다. 갯벌의 생태적 가치평가를 위한 새로운 평가방안을 소개하였는데, 이 방법은 생태학 개념에 근거한 평가기준을 세우고, 관련된 평가문항을 만들어 해당 점수를 종합하는 질문 접근법을 사용한 것이 특징이다. 이는 기존에 다양도, 종수 또는 개체수와 같은 단일 생태지수만으로 생태계의 상태를 평가하던 방법 보다 발전된 방식이다. 이 방법은 평가문항에 따라 독립적으로 등급을 계산하기 때문에, 새로운 가치기준 또는 새로운 생태계 구성원이 추가되어도, 적절한 평가문항을 추가함으로써 체계를 확장시킬 수 있는 장점이 있다. 그러나 연구자의 주관성을 완전히 배제할 방안과 일반적인 민감도 분석이 뒤따라야 하며, 보다 광범위한 전국 규모에 적용시켜 유용성을 검증 할 필요가 있다.

비록 지난 120여 년 동안 각종 매립공사로 인천 연안 갯벌의 198km²가 사라졌지만 아직도 상당한 면적의 갯벌이 강화도와 영종도를 포함한 여러 섬 지역에 고루 분포하고 있다. 갯벌이 제공하는 다양한 생태적 서비스를 고려할 때 인천의 미래는 현존하는 섬 지역의 갯벌을 어떻게 관리하느냐에 달려있다 해도 과언이 아니다. 갯벌환경 관리의 시발점은 현재의 각 갯벌이 내포하고 있는 고유의 생태적 가치가 어떠한지 평가하는 것이며, 갯벌의 생태적 가치는 결국 얼마나 많은 희귀종이 서식하는지 그리고 얼마나 많은 생태적 중요종이 서식하는지를 평가하는 것이다. 향후 이러한 평가방법이 다양한 사례에 적용되고 피드백을 통해 내재된 문제점이 개선되어 갯벌환경과 생태계 보전을 위한 기본 도구로 활용될 수 있기를 기대한다.

투고(접수)일 : 2016. 06. 30 심사(수정)일 : 2016. 07. 28 게재확정일 : 2016. 08. 23

참 고 문 헌

- 김용하(2009), 「인천 공유수면매립에 따른 토지이용현황 및 실태분석에 관한 연구」, 인천발전연구원.
- 인천광역시(2007), 「인천 연안도서 해양환경 조사 및 보전관리계획」.
- 해양수산부(2014), 「전국 갯벌면적 조사」, 해양생태과 보도자료 (2014. 7. 16).
- Airamé, S., Dugan, J. E., Lafferty, K. D., Leslie, H., McArdle, D. A., Warner, R. R. (2003). Applying ecological criteria to marine reserve design: a case study from the California Channel Islands, *Ecological Applications* 13 (1): 170-184.
- Antunes, P., Santos, R. (1999). Integrated environmental management of oceans, *Ecological Economics* 31: 215-226.
- Benkendorff, K. and Przeslawski, R. (2008). Multiple measures are necessary to assess rarity in macro-molluscs: a case study from southeastern Australia, *Biodiversity Conservation* 17:2455-2478.
- Connor, D. W., Breen, J., Champion, A., Gilliland, P. M., Huggett, D., Johnston, C., Laffoley, Dd'A., Lieberknecht, L., Lumb, C., Ramsay, K., Shardlow, M. (2002). Rationale and criteria for the identification of nationally important marine nature conservation features and areas in the UK, Joint Nature Conservation Committee for the Defra Working Group on the *Review of Marine Nature Conservation Working paper*, Peterborough: 23.
- Costanza, R. et al. (1997). The value of the world's ecosystem services and natural capital, *Nature* 387: 253-260.
- Dauer, D. M. (1993). Biological criteria, environmental health and estuarine macrobenthic community structure, *Marine Pollution Bulletin* 26: 249-257.
- Degraer, S., Vincx, M., Meire, P., Offringa, H. (1999). The macrozoobenthos of an important wintering area of the common scoter (*Melanitta nigra*), *Journal of the Marine Biological Association of the UK* 79: 243-251.
- DFO (2004). Identification of ecologically and biologically significant areas, *DFO Canadian Science Advisory Secretariat Ecosystem Status Report 2004/006*: 15.
- Gaston, K. J. (1994). *Rarity*, Chapman and Hall, Melbourne.
- Hiscock, K., Elliott, M., Laffoley, D., Rogers, S. (2003). Data use and information creation: challenges for marine scientists and for managers, *Marine*

- Pollution Bulletin* 46(5): 534-541.
- Jones, C. G., Lawton, J. H., Shachak, M. (1994). Organisms as ecosystem engineers, *Oikos* 69: 373-386.
- Jones, C. G., Lawton J. H., Shachak, M. (1997). Positive and negative effects of organisms as physical ecosystem engineers, *Ecology* 78: 1946-1957.
- Kay, R., Alder, J. (2005). *Coastal planning and management*: Second edition. Taylor & Francis, USA & Canada: 380 pp.
- Kelleher, G. (1999). *Guidelines for marine protected areas*, IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge, UK: 107.
- Kullenberg, G. (1995). Reflections on marine science contributions to sustainable development, *Ocean & Coastal Management* 29(1-3): 35-49.
- Laffoley, Dd'A., Connor, D. W., Tasker, M. L., Bines, T. (2000). Nationally important seascapes, habitats and species. A recommended approach to their identification, conservation and protection. Prepared for the DETR Working Group on the Review of Marine Nature Conservation by English Nature and the Joint Nature Conservation Committee Peterborough, *English Nature Research Report* 392: 20.
- Linton, D. M., Warner, G. F. (2003). Biological indicators in the Caribbean coastal zone and their role in integrated coastal management, *Ocean & Coastal Management* 46(3-4): 261-276.
- Margules, C. R., Pressey, R. L. (2000). Systematic conservation planning, *Nature* 405: 243-253.
- Millennium Ecosystem Assessment (2005). *Ecosystems and Human Well-being: Synthesis*, Island Press, Washington, DC.
- Price, A. R. G. (2002). Simultaneous 'hot spots' and 'cold spots' of marine biodiversity and implications for global conservation, *Marine Ecology Progress Series* 241: 23-27.
- Purvis, A., Hector, A. (2000). Getting the measure of biodiversity, *Nature* 405: 212-219.
- Rachor, E., Günther, C.-P. (2001). Concepts for offshore nature reserves in the southeastern North Sea, *Senckenbergia Maritima* 31 (2): 353-361.
- Ray, G. C. (1984). Conservation of marine habitats and their biota, [In:] *Conservation of threatened natural habitats*. Hall AV (ed.). *South African*

- National Science programmes report 92, CSIR, Pretoria: 109-134.
- Salm, R., Price, A. (1995). Selection of marine protected areas, [In:] Marine protected areas, principles and techniques for management, Gubbay S. (ed.), *Conservation Biology Series 5*, London (Chapman & Hall): 15-31.
- Salm, R. V., Clarke, J. R., Siirila, E. (2000). *Marine and coastal protected areas: A guide for planners and managers*, Third edition IUCN, Gland, Switzerland: 370.
- Smith, P. G. R., Theberge, J. B. (1986). A review of criteria for evaluating natural areas, *Environmental Management* 10: 715-734.
- TEEB (2010). The Economics of Ecosystems and Biodiversity: Mainstreaming the Economics of Nature: A synthesis of the approach, conclusions and recommendations of TEEB.
- UNESCO (1972). Convention Concerning the Protection of the World Cultural and Natural Heritage. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (UNESCO) meeting in Paris from 17 October to 21 November 1972, at its seventeenth session: 18.
- Westman, W. (1977). How much are nature's services worth?, *Science* 197: 960-964.

국 문 초 록

인천 섬 갯벌에 대한 생태적 가치화 방안과 적용

이창근 · 유재원 · 김창수 (한국연안환경생태연구소)

홍재상 (인하대학교 해양과학과)

해양환경은 최근에 더욱 거센 개발 압력을 받고 있다. 인구의 대다수가 연안을 따라 거주하고 있고, 육지의 공간과 자원이 줄어들면서 바다를 이용하려는 사회경제적 요구가 증가하고 있기 때문이다. 해양환경 관리에 있어 중요한 핵심은 하나의 관리계획 속에서 경제적 개발요구와 자연보전요구의 균형을 맞추는 일이다. 이러한 관리 전략을 수립하기 위해서는 신뢰할 수 있고 의미 있는 생태학적 정보가 종합화된 형태로 제공되어야 한다. 이러한 관점에서 여러 환경 정보들을 결합시켜 하나의 수치로 나타내는 지표(indicator) 개념이 지속적인 관심을 받아왔다. 그러나 지표의 가장 큰 단점은 생태계를 지나치게 단순화시킨다는 점이다. 따라서 생물자료와 생태자료를 종합하여 누구나 쉽게 이해할 수 있고 해양 관리정책에 사용될 수 있도록 만들어주는 도구가 필요하다. 본 연구에서는 갯벌생태계에 대한 새로운 생태적 가치평가 방안을 소개하고 있다. 이 방법의 특징은 생태학 개념에 근거한 가치평가 기준을 먼저 제시하고, 연관된 적절한 평가질문을 던지는 질문 접근방식을 활용한 점이다. 본 연구에서 채택한 생태계 고유의 내재적 가치평가 기준은 희소성, 집합성, 생존적응성이며, 자연성은 보조 기준으로 사용하였다. 이 평가 방안은 인천연안 17개 섬 갯벌의 생태적 가치평가에 실제 적용되었으며, 9가지의 질문에 대한 평가 결과는 이해하

기 쉽도록 5등급으로 표현하였다. 가치평가 결과, 4곳의 갯벌(대무의도, 대이작도, 자월도, 영종도 갯벌)이 가장 높은 생태적 가치를 가진 것으로 평가되었다.

주제어 : 생태적 가치평가, 희소성, 질문 접근법, 갯벌

Abstract

Ecological Valuation Method and its Application to Tidal Flats around Incheon, Korea

Lee, Chang-gun · Yoo, Jae-won · Kim, Chang-soo
· Hong, Jae-sang

Marine environments are currently experiencing intense pressures from anthropogenic driving forces. It's because of high settlements along coastlines and decreasing space and resources on land, which cause the socio-economic demands for over exploitation to expand. In addressing marine environmental management it is essential to keep a balance between the need for economic development and the need for nature conservation within the same management plan. In order to develop management strategies for sustainable use and conservation in the marine environment, reliable and meaningful, but integrated ecological information is needed. From this point of view, indicators combining several environmental factors in a single value, have always been an interesting concept in marine management. However, the major weak point of indicators is that the aggregation results in oversimplification of the ecosystem under observation. Translation tools should be developed which integrate the available biological and ecological data into information which can be readily understood by non-scientists and used

in marine management.

In this research a new ecological valuation method for tidal flat ecosystem is presented. A special feature of the method is to establish valuation criteria first based on ecological concepts and using the appropriate assessment questions as question-driven approach. Selected criteria in this research are rarity, aggregation, fitness consequences as first order criteria, and naturalness as a subsidiary criterion. This evaluation method applied in real ecological valuation process on 17 tidal flats of islands around Incheon, Korea. Five value classes are used in the proposed scoring system (very low, low, medium, high and very high ecological value), because these classes allow an easy understanding of value patterns. The highest ecological values are found in tidal flats of four islands (Dae-Mui, Dae-isak, Jawol, and Youngjong).

Key words: Ecological valuation, Rarity, Question-driven approach,
Tidal flat