

# 동막 갯벌 대형저서생물 조사와 지속가능 발전을 위한 갯벌휴식년제 도입 제안

김순래<sup>1</sup>  
강화중학교<sup>1</sup>

## 요 약

본 연구는 동막 갯벌의 환경요인 및 대형저서동물을 시기별, 지역별 대형저서생물 조사와 자료를 바탕으로 갯벌 휴식년제 도입 등 동막 갯벌의 지속가능한 발전 방향을 제시하고자 하였다. 조사기간은 2014. 3. 25 ~ 8. 10까지 총 8회 조사를 실시하였다. 조사 시기는 봄과 여름, 조사 지역은 관광객 이용지역과 비이용 지역으로 구분하여 조사하였다. 환경요인은 니질 함량과 유기물 함량을 분석하였고, 생물 조사는 대형저서동물 Mapping 기법을 사용하였다.

니질 함량은 이용시기와 지역에 관계없이 83.299% 이상으로 slightly sandy mud (75~95%), mud(>95%)의 2개 퇴적상만 나타나는 단순한 퇴적상이 나타났다. 유기물 함량은 평균 3.001%로 봄에 비하여 여름에 유기물 함량이 감소하였고, 주변 지역 갯벌보다 다소 높은 값을 나타냈다. 대형저서생물 군집조사 결과 시기별 출현종수와 개체수는 탐방객의 출입빈도가 적은 봄에 출현종수가 많았고, 개체수는 여름에 많았다. 지역별 출현종수와 개체수는 비이용지역에서 출현종수가 많았고, 개체수는 이용지역에서 많았다. 퇴적상 변화는 이용 지역·비이용 지역 모두 여름에 slightly sandy mud 퇴적상은 증가하고, mud 퇴적상은 감소하고 있다. 우점종은 전체 출현 개체 대비 1% 이상을 차지하는 10종을 우점종으로 선정하였다. 이들을 순위별로 보면 칠게(*Macrophthalmus japonicus*)가 총 3,068 개체 42.85%로 가장 많이 출현하였고, 그 다음은 갈색새알조개(*Glaucanome chinensis*), 흰이빨참갯지렁이(*Periserrula leucophryna*) 등 총 10종으로 전체 개체수의 1% 이상 차지하는 개체수는 7,026 개체로 전체의 98.13%를 점유하였다. 주요 우점종들의 공간 분포를 보면 칠게(*M. japonicus*)는 모든 정점에서 출현하여 가장 높은 출현 빈도수를 보였다.

갯벌 휴식년제와 환경교육 등 지역주민과 공무원이 갯벌 훼손의 심각성을 인식하고 관광객 만족도 향상을 위하여 생물종다양성 유지와 환경교육 실시, 갯벌 휴식년제 도입을 원하고 있는 것으로 나타났다. 따라서 동막 갯벌 지속가능 발전을 위하여 생물종다양성 보전 대안, 관광객의 다양한 여가수용 계획, 지역 주민 경제 활성화 정책 수립 등 안정적인 기반 아래 일관성 있는 관리정책이 추진되어야 할 것이다.

주제어 : 맵핑 기법, 갯벌 휴식년제, 환경교육

## Abstract

Key words:

### 서론

인천·경기만에 위치한 강화 남단 갯벌은 대표적인 하구 갯벌로서 독특한 지형과 다양한 퇴적상을 가지고 있다. 강화도를 구성하는 암석은 선캄브리아대에 형성된 강화 화강편마암과 중생대 백악기에 만들어진 강화섬록반암으로 구성되어 있다(경기도교육위원회, 1989). 또한 경인북부수협 18개 어촌계 중 동검어촌계를 포함한 8개 어촌계가 어업 활동과 요식업·숙박 등 관광을 통한 지역 주민들의 경제 활동의 근거지로서 매우 중요한 장소이기도 하다. 따라서 강화 남단 갯벌은 생물학적·생태학적·지구과학적 가치뿐만 아니라 인문학적·사회적·경제적 가치를 가지고 있어 지속가능 발전과 생물 다양성 관점에서 매우 중요한 기능을 가지고 있다. 강화의 배후도시인 서울·인천·고양·김포는 도시 성장과 함께 인구는 기하급수적으로 증가하고 있고 2030년까지 지속적으로 증가할 것이다(KB금융지주연구소, 2011). 강화는 그들의 거주지로부터 반경 50km 이내의 원시적인 자연경관과 역사·문화 자원이 풍부하여 휴식과 관광 그리고 현장 체험 교육의 욕구를 충족시킬 최적의 장소로 도시인들의 발길이 사계절 끊이지 않는 곳이 되었다. 그 중 강화남단에 위치한 유원지의 기능을 가진 동막 갯벌과 자연 학습장으로 이용되는 장화리 갯벌은 갯벌 진입 통제가 이루어지지 않는 곳으로 많은 탐방객이 찾는 지역이다. 동막 갯벌과 장화리 갯벌 외에도 강화 연안을 따라 개설된 해안도로와 펜션으로 인해 강화 전 지역이 갯벌 탐방객의 출입이 자유로워지면서 갯벌 퇴적물과 저서생물 서식 환경에 영향을 줄 것으로 예측되고 있다.

조사지역인 동막 갯벌과 환경이 유사한 동검도 갯벌은 퇴적물이 뺨(mud)로 이루어져 있으며 퇴적 속도는 1.03~4.83cm/yr로 비교적 빠른 퇴적이 이루어지며(Woo & Je, 2002) 한강으로부터 높은 유기물 유입이 일어남에 따라 혐기성 유기물 분해가 광범위하게 일어난다(현정오 등, 2004). 갯벌은 육상의 퇴적물 환경과 해양의 수 환경이 만나는 복합적인 지대로 연안 및 기수역으로부터 여러 가지 유기물이 유입되고 유입된 유기물들은 갯벌에 서식하는 다양한 생물들에 의해 유기물의 순환 및 분해 장소로서 중요한 역할을 한다. 갯벌을 포함한 해양의 또 다른 기능은 지구의 탄소순환에서 가장 중요한 역할이다. 해양은 생명이 처음으로 탄생한 곳이며 인류의 복지와 발전에 필요한 자원을 공급하고 바다가 대기로부터 흡수하는 탄소량은 지구 전체의 절반을 넘는다. 갈피밭, 염습지, 망그로브 등 연안 식물생태계는 대기 이산화탄소를 흡수하여 저장하는데 매우 중요한 역할을 하고 있다(Laffoley and Grimsditch, 200

9; Nellemann et al., 2009). 블루카본 연안 식물생태계는 육상 삼림보다 면적이 좁지만, 연간 탄소흡수 총량은 육상 산림생태계와 비슷하고, 흡수속도는 육상 밀림보다 최대 50배 빠르다. 특히 연안생태계는 유기탄소 퇴적속도가 높아서 육상 식물생태계보다 장기간 탄소격리에 훨씬 효과적이다(Nellemann et al., 2009).

강화도 갯벌은 경제적, 사회적, 생태적으로 중요한 지역임에도 이 지역의 갯벌 퇴적물은 생물에 의하여 교란되어 있고, 인천 국제공항 건설로 인한 인위적인 개발에 의하여 훼손가능성이 높다(우한준 외, 2002). 연안 매립을 포함하는 방파제의 건설이나 호안의 건설은 자연적인 해류의 흐름을 방해하는 인위적 교란이 나타나며 그에 따른 수력학적 변화에 의해 퇴적학적 특성은 물론 지형학적 변화를 유발하게 된다. 이러한 물리적 환경 변화가 저서생물의 유생의 분포, 먹이 입자의 퇴적작용 그리고 퇴적상의 변화를 초래하고 결국 저서동물 군집의 구조에 변화를 주게 된다(Ssys et al., 1994). 조사지역을 포함한 강화남단 갯벌은 주변의 대규모 해안 매립 및 작은 도서를 잇는 연륙공사로 퇴적상 변화를 예측한 많은 연구(우한준 외, 2006.; 김계림 외, 2010.; 김동성 외, 2000.; 인천발전연구원, 1999.; 류근환, 2009.)가 있다. 조사지역은 황산도 연륙교, 동검도 연륙교, 송도신도시 건설, 인천국제공항 건설, 영종도 준설토 투기장 건설 등 매립과 함께 연 수만명이 갯벌을 출입하는 지역으로 저서동물의 종다양성과 군집구조에 영향을 줄 것으로 판단된다. 저서동물은 해양생태계 기능면에서 중요한 역할을 수행한다. 생물 교반 작용을 하는 갯지렁이와 게 등은 퇴적물의 퇴적물 특성과 지형을 변화시키고, 서식처의 구조와 영양염의 순환을 변화시킬 수 있다(Reise, 2001). 저서동물은 상대적으로 이동성이 적고 생활사의 대부분을 좁은 범위의 공간에서 보내기 때문에 환경 변화에 따른 영향을 모니터링 하는데 비교적 용이하여 생물지시자로 이용되기도 한다(Gesteira, 2000).

서식처를 복원하거나 인간 활동에 의해 사라진 손실분을 보상할 서식처를 만드는 노력을 하였으나 이러한 노력은 대상지역 생태계 기능에 관한 지식이 부족하고, 자연 군집 구조에 영향을 주는 요인과 구성원인 생물군집에 대해 충분한 시간을 두고 모니터링을 하지 않아왔기 때문에 종종 실패로 돌아간다(Zedler, 1996). 현재 여러 학자들에 의해 극심한 환경 교란으로 생물이 거의 제거된 서식처에서 이전 상태의 군집으로 돌아가기까지의 과정을 파악하려는 연구가 이루어지고 있다(Beukema, J.J et al., 1999). 최근 생물다양성의 감소는 육상생태계와 해양생태계의 공통된 위기상황으로서 가장 큰 원인은 인간 활동이라고 할 수 있다. 특히 연안 인구의 급격한 증가와 해양 이용 및 개발 행위의 복잡화, 다양화는 해양생태계와 해양생물자원에 커다란 위협요인으로 작용하고 있다. 그러나 이러한 노력들은 대부분 육상생물 위주로 이루어지고 있으며, 아직 해양생물의 다양성 보전과 지속적인 이용을 위한 구체적인 실천 방안은 미흡한 것으로 파악하고 있다(해양수산부, 2007). 따라서 조사 지역을 비롯한 강화지역의 훼손된 갯벌은 습지의 환경문제 해결, 기후 변화 문제 해결, 생물 다양성 문제 해결과 갯벌의 지속가능한 발전을 위해 이전 상태의 퇴적상과 군집으로 돌아가기 위

한 복원노력이 필요하다.

자연휴식년제란 탐방객의 집중이용으로 훼손이 심한 등산로, 산정상부, 계곡 또는 보호 필요성이 있는 희귀 동·식물 서식지에 대하여 일정기간 사람의 출입을 통제함으로써 자연보호 및 훼손된 자연의 회복을 도모하기 위한 제도이다. 국립공원관리공단은 탐방객의 집중적인 이용으로 극심하게 훼손된 탐방로와 희귀 동·식물 서식지역을 선정하여 자연휴식년제를 실시하였다. 그 결과 오랫동안 밟혀서 딱딱해진 토양이 부드러워지면서 지피식물이 돌아오고 주변 식생이 회복되는 등 시행효과가 있는 것으로 평가되었다. 자연휴식년제는 구역이 확대 시행 중에 있고, 98년 7월부터는 계곡휴식년제가 시행 중에 있으며 일부 도에서는 바다에도 수산자원관리 차원에서 자연휴식년제를 도입할 예정이다. 고병설 등(2005)은 갯벌체험행사에 따라 일시행사갯벌, 상시행사갯벌, 복합행사갯벌로 구분하여 조사한 결과 일시행사갯벌은 1mm 이상 크기 대형저서동물의 서식밀도와 생물량이 20~25% 감소되었으며, 시간이 지날수록 영향이 더 심화되는 현상이 확인되었다. 특히, 저서생물은 매우 어린시기를 갯벌의 표면 가까이에서 보내는데, 1mm 이하 크기의 갯지렁이 개체수가 훼손이 심한 곳은 그렇지 않은 곳의 12%에 불과하였다고 하였다. 한편 앞으로 지속적인 모니터링을 통해 체험행사로 인해 훼손된 갯벌생태계가 자연생태계 수준으로 회복되는 기간을 알아내어 갯벌 휴식년제와 같은 제도 마련을 위한 과학적 근거자료를 제시할 것을 제안하였다. 자연휴식년제는 자연공원법에 의해 국립공원에 제한적으로 적용되는 있는 제도이기는 하나 조사지역인 동막 갯벌과 같이 자연 환경의 유지와 지속가능 발전이 필요한 지역은 조사지역의 이해당사자들의 합의에 의해 자연휴식년제를 실시할 수 있을 것이다. 조사지역에 자연휴식년제를 도입할 경우 계절성과 관광 개발에 따른 수용력을 예측하고, 이해당사자간 갈등과 마찰을 최소화하며, 생물학적 구성원에 대한 모니터링을 실시하여, 갯벌 환경 복원과 지속가능 발전 목표를 달성할 수 있는 현명한 이용 방법을 찾을 수 있을 것이다.

강화남단 중부지역에 위치한 동막 갯벌은 최근에 인위적인 요인에 의하여 환경 변화가 일어나고 있는 지역이다. 퇴적물 순환과 인간의 간섭에 의한 갯벌의 특성과 생태계의 변화를 파악하여 생물다양성을 유지하고, 지역 발전에 도움을 줄 수 있는 관광 산업 활성화를 위한 효과적인 이용 방안을 마련하기 위하여 자연자원의 변화에 대한 추이뿐만 아니라 탐방객에 대해서도 지속적인 모니터링이 이루어져야 한다. 따라서 생태와 이용객에 대한 지속적인 모니터링과 변화 상황에 따라 적절한 관리 정책이 필요할 것이다.

따라서 본 조사는 동막 갯벌의 시기별, 지역별 대형저서동물 군집 조사를 실시하고, 군집구조 변화를 해석한 자료를 바탕으로 갯벌 휴식년제 도입을 통한 갯벌 생물 다양성 유지와 관광 자원으로서 이용 방법 등 동막 갯벌의 지속가능한 발전 방향을 제시를 목적으로 하였다.

## 재료 및 방법

갯벌 퇴적층과 군집구조가 갯벌 이용객의 출입빈도에 영향을 받는지 파악하기 위하여 강화남단 중부지역에 위치한 동막 갯벌을 조사지역으로 선정하였다(Fig.1). 조사 시기는 이용객수의 영향을 비교하기 위하여 봄과 여름에 실시하였고, 같은 시기에 출입빈도가 미치는 영향을 비교하기 위하여 출입이 허락된 이용 지역과 허락되지 않은 비이용 지역으로 구분하여 조사하였다. 정점의 한계는 동막 갯벌을 관광객이 이용하는 지역인 경우 관광객이 진입이 가능한 구간까지 하였으며, 관광객이 이용하지 않는 지역은 관광객이 이용하는 지역 서쪽에 같은 면적을 지정하여 조사하였다. 조사 정점은 강화군 길상면 동막리 갯벌로 위도 N 37° 35'32.0", 경도 E 126° 27' 16.0"을 정점 1로 하여 16 정점을 조사 후 통계처리와 니질 함량과 유기질 함량에 따른 대형저서동물 군집 유형을 분류할 수 있도록 250m 간격, 격자형으로 선정하였다.

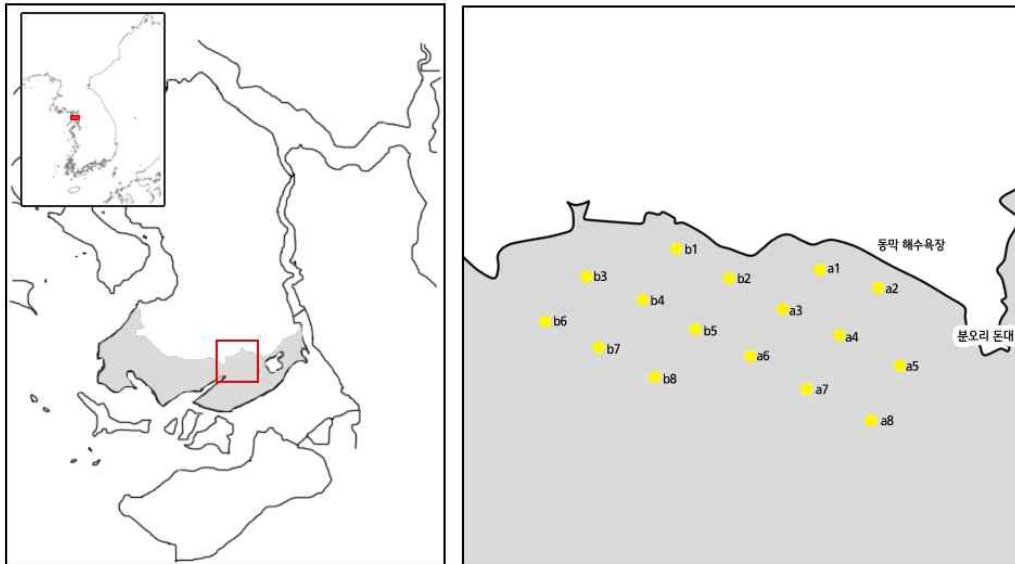


Fig. 1. 조사 지역 및 정점 A map showing the 16 sampling stations in the central region of Ganghwa South Tidelflat, Incheon, Korea.

환경요인 분석을 위해 각 정점에서는 표층 2~3cm 깊이 퇴적물을 채취하여 지퍼백에 넣은 후 정점 번호를 표시하고 실험실로 운반하여 니질 함량과 유기물 함량을 분석하였다. 니질 함량은 Buchanan(1984)이 실트질 퇴적물을 분석하는 방법으로 제안한 습식체질법을 이용하여 측정하였다. 약 20g의 수분이 함유된 퇴적물을 도가니에 담고 습증량을 측정 후, 이를 70°C에서 72시간 건조시켜 건조량을 측정하였다. 유기물을 제거하기 위해 15% 과산화수소 수용액을 사용하였으며, 건조된 퇴적물은 4φ (62.5μm) 체로 체질하여 체에 남은 퇴적물의 무게를 측정하였다. 니질 함량을 이용한

퇴적상 분류는 Flemming(2000)이 제안한 방법을 이용하였다. 유기물 함량은 퇴적물을 가열 한 뒤 무게 손실량으로 계산하였다. 수분이 함유된 퇴적물을 70℃에서 72시간 동안 건조시킨 후 막자사발에 곱게 갈아 건조된 분말퇴적물로 만들고, 분말퇴적물 약 2g을 사기재질의 도가니에 담은 후 70℃에서 4시간 이상 건조 시킨 후 실리카겔 건조기에서 1시간 이상 식힌 후 무게를 측정하였다. 강열온도와 시간은 Heiri. et. al. (2001)을 참고하여 결정하였다. 강열 전 분말퇴적물의 건중량과 강열 후 손실된 퇴적물의 무게의 비율을 계산하여 강열감량을 계산하였다. 무게를 측정하기 위해 사용할 저울은 Mettler Toledo의 EL203 모델이며, 0.001g 단위까지 측정하였다. 기상요인과 유기물 함량의 관계를 확인하기 위한 기온 및 강수량 자료는 기상청(2013, 2014) 자료를 이용하였다.

대형저서동물은 각 정점에서는 1 x 1 m 방형구를 무작위로 3회 던져 조사를 실시하였다. 대형저서동물은 생흔을 이용한 표층 조사와 흔적으로 파악이 어려운 잠입형 생물은 갈퀴 조사를 병행하였다. 표층 조사와 갈퀴 조사는 육안으로 종과 개체수 확인이 가능한 종으로 하였으며 현장에서 Mapping 기록지에 직접 기록하였다(류종성, 2005; 김순래, 2013). 뚜렷한 생흔을 형성하는 구체적인 동물로는 칠게(*M. japonicus*), 갯지렁이류(Polychaeta), 갯고둥(*B. multiformis*), 말뚝망둥어(*P. modestus*), 흰이빨참갯지렁이(*P. leucophryna*), 털보집갯지렁이(*D. sugokai*)이다. 갈퀴 조사(임현식 등, 1997.; 김동성 등, 2004.; 류종성, 2005)는 표층조사와 동일한 면적에서 갈퀴를 이용하여 간격 10cm, 깊이 15cm를 파내어 육안으로 동정이 가능한 대형저서생물의 종과 개체수를 현장에서 Mapping 기록지에 기록하였다. 본 연구에 사용된 Mapping 기법은 조사 지역내에 대형저서동물 중 우점종을 중심으로 표층 조사와 갈퀴 조사를 실시하는 방법으로 다른 조사 방법과 비교하여 우점종, 퇴적 환경에 따른 출현 지역은 유사하나, 출현 종과 개체수는 적다(2013. 김순래). 따라서 출현 개체수가 적은 경우도 통계자료로 활용하였다.

니질 함량, 유기물 함량, 대형저서생물 조사 결과는 시기별로 갯벌 이용객수와 관련하여 관광객 이용객수가 적은 봄(Spring-Spr)과 이용객수가 많은 여름(Summer-Sum)으로 분류하였으며, 지역적으로는 관광객의 출입이 허락되어 그 영향을 받는 이용지역(Access area-Aa)과 관광객의 출입이 허락되지 않아 그 영향으로 받지 않을 것으로 예상되는 비이용 지역(Unaccessible area-Ua)으로 구분하였다. 조사 결과는 이용지역에 관계없는 계절별 비교(Spr-Aa.Ua vs Sum-Aa.Ua), 계절에 관계없이 이용객수의 영향을 비교(Aa-Spr,Sum vs Ua-Spr,Sum)하였다.

갯벌휴식년제는 「자연공원법 28조」와 동법 「제36조의 2항」 등의 규정과 고병설 등(2005), 김순래(미발표) 자료를 이용하였다.

## 결과 및 고찰

### 환경요인

강화지역의 기온과 강수량 변동을 보면 기온의 경우 2013년에는 3월부터, 2014년에는 2월부터 영상의 기온을 보였으며 조사 시기인 봄과 여름은 봄에는 평균 20℃ 이하, 여름에는 24℃ 이상을 나타내고 있다(Fig 2). 강수량은 2013년과 2014년 모두 여름(7, 8, 9월)에 집중되었으나, 연별 여름철 강수량 비교는 2013년에는 총 849.5mm, 2014년에는 333.1mm로 2013년에 비하여 2014년에는 강수량이 60% 감소하였다(Fig 3).

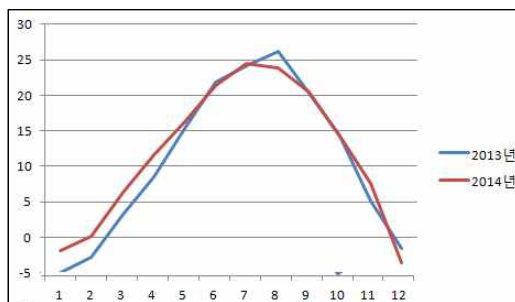


Fig. 2. 2013년, 2014년 월별 기온

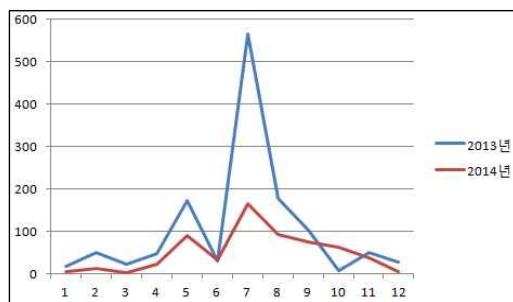


Fig. 3. 2013년, 2014년 월별 강수량

각 정점에서 시기별, 지역별 니질 함량은 Aa-Spr의 니질 함량은 90.311%~98.725%의 범위로 평균 92.620%, Aa-Sum의 니질 함량은 85.470%~97.639%의 범위로 평균 93.382%이며, Ua-Spr의 니질 함량은 83.299%~97.034%의 범위로 평균 94.044%, Ua-Sum의 니질 함량은 86.976%~98.194%의 범위로 평균 93.827%로 나타났다(Table 1). 이용 지역에서 출입 빈도가 적은 시기와 많은 시기는 Aa2, Aa3, Aa4, Aa5 정점은 큰 차이가 없으나 Aa1, Aa6, Aa8 정점은 출입 빈도가 적은 시기에 니질 함량이 많았고, Aa7 정점은 출입 빈도가 많은 시기에 니질 함량이 증가하였다. 비이용 지역에서 출입 빈도가 적은 시기와 많은 시기는 Ua3, Ua6 정점에서 출입 빈도가 적은 시기에 니질 함량이 많았고, Ua1 정점에서 출입 빈도가 많은 시기에 니질 함량이 증가하였다. 그러나 이용시기와 지역에 관계없이 니질 함량은 83.299% 이상으로 slightly sandy mud(75~95%), mud(>95%)의 2개 퇴적상만 나타나는 단순한 퇴적상이 나타났다. 이유는 강화 남단 서부 갯벌에서 대부분 해안에 가까운 정점에서는 니질 함량이 75% 이상을 보였으며, 해안 가까이 떠처럼 분포하는 니질 퇴적물과 하부로 갈수록 니질 함량이 적어지며, 넓은 사니질 퇴적상 분포를 나타내어 해안에서 멀어질수록 니질 함량이 감소하는 경향(김순래, 2013)을 보인 것과 같이 조사지역이 연안으로부터 1km 이내의 상부조간대에 위치하여 퇴적상 변화가 크지 않은 것으로 보인다.

본 조사에서 유기물 함량 조사는 Aa-Spr의 유기물 함량은 3.722%~5.582%의 범

위로 평균 4.851%, Aa-Sum의 유기물 함량은 2.988%~3.606%의 범위로 평균 3.196%이며, Ua-Spr의 유기물 함량은 3.018%~4.796%의 범위로 평균 3.673%, Ua-Sum의 유기물 함량은 2.474%~3.672%의 범위로 평균 3.001%로 나타났다(Table 2). 관광객 출입이 허락된 이용 지역과 허락되지 않은 비이용 지역 모두 봄에 비해 여름에 유기물 함량이 감소하였다.

Table 1. Aa-Spr.Sum vs Ua-Spr.Sum 니질 함량 비교

station number	Spring Mud content	Summer Mud content	station number	Spring Mud content	Summer Mud content
Aa1	96.707	87.664	Ua1	83.299	95.144
Aa2	98.725	97.298	Ua2	94.707	94.858
Aa3	97.918	97.639	Ua3	95.048	86.976
Aa4	97.803	95.788	Ua4	96.760	95.037
Aa5	95.588	93.545	Ua5	97.034	98.194
Aa6	97.416	93.193	Ua6	94.042	89.028
Aa7	90.311	96.456	Ua7	95.526	94.444
Aa8	90.490	85.470	Ua8	95.935	96.934
평균	95.620	93.382	평균	94.044	93.827

Table 2. Aa-Spr.Sum vs Ua-Spr.Sum 유기물 함량 비교

station number	Spring organic content	Summer organic content	station number	Spring organic content	Summer organic content
Aa1	5.121	3.412	Ua1	4.604	3.672
Aa2	5.582	3.147	Ua2	3.723	3.222
Aa3	3.761	3.015	Ua3	4.796	2.650
Aa4	4.163	2.988	Ua4	3.250	3.104
Aa5	5.894	3.107	Ua5	3.176	3.154
Aa6	3.722	3.229	Ua6	3.018	3.075
Aa7	5.345	3.063	Ua7	3.589	2.659
Aa8	5.221	3.606	Ua8	3.226	2.474
평균	4.851	3.196	평균	3.673	3.001

조사 지역에서 봄과 여름에 조사한 pH는 Aa-Spr 7.98, Aa-Sum 6.03, Ua-Spr 7.72, Ua-Sum 5.91로 이용 지역과 비이용 지역 모두 봄에 비하여 여름에 약산성을 나타내고 있다. 또한 조사 시기에 강화지역 강수량 변화는 4월에 22.5mm, 5월에 89.5mm, 6월에 33.0mm, 7월에 165.5mm, 8월에 92.0mm로 봄에 비해 여름에 강수가 집중(2014. 기상청)되어 있어 봄에 비하여 여름에 pH가 낮은 이유와 유기물 함량이 감소한 이유는 강수량과 조사지역이 연안에 집중되어 있는 것이 원인으로 판단된다(Fig 4).



따라서 이용지역과 비이용지역 등 인간의 출입과 유기물 함량은 인과관계가 없으며, 강수량에 따른 계절적 변화로 여름철에 감소하는 것으로 예측할 수 있다. 다만 강화도 서부지역 갯벌 퇴적물의 유기물 함량은 0.897%~3.5%의 범위로 평균값은 1.94%(김순래, 2013), 강화도 갯벌 총유기탄소 함량이 0.06~0.28%(김기용, 2000), 척전 갯벌의 평균 유기물 함량은 2.15%(이현정, 2003), 표층 퇴적물 내의 총 유기탄소 함유량 평균은 근소만 0.57%, 승봉도 0.15%, 삽시도 0.28%(최성용, 2011), 장봉도 남단 한들해수욕장과 용암해수욕장 퇴적물의 유기물 함량은 1.45~4.76%의 범위로 평균값은 2.57%(서인영, 2003) 등으로 조사 지역 주변 갯벌의 유기물 함량은 0.06%~3.5% 범위로 나타나는 데 비해 조사지역은 2.474%~5.582%로 주변 지역에 비해 유기물 함량이 현저하게 높음을 확인할 수 있다. 조사 지역의 니질 함량은 83.299% 이상으로 slightly sandy mud(75~95%), mud(>95%) 2개 퇴적상으로 단순한 퇴적상을 나타내었고, 유기물 함량은 지역과 시기에 관계없이 2.473~5.582%로 다른 지역에 비해 높은 값을 나타내고 있다. 니질 함량과 유기물 함량은 봄에는 유의한 관계성을 보이지 않고, 여름에는 비례관계를 유지하고 있다.

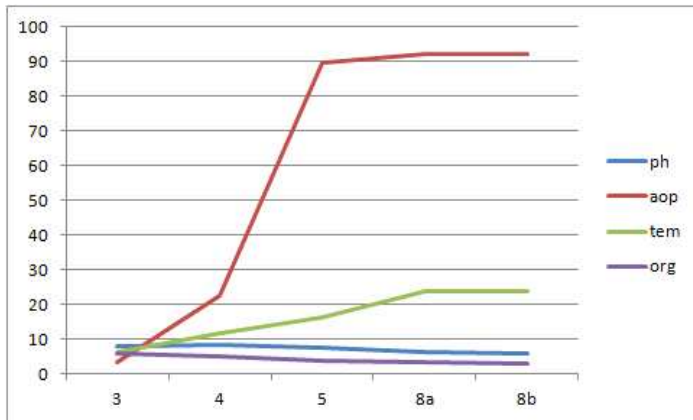


Fig. 4. 강수량, 기온, 수소이온농도, 유기물함량 비교

## 조사 시기와 지역에 따른 정점별 출현 종류와 개체수

### Spr-Aa.Ua vs Sum-Aa.Ua 비교 조사 결과

Spr-Aa.Ua 결과 총 16개 정점에서 표층조사와 갈퀴조사 결과 중첩된 생물량을 제거한 후 계수한 대형저서생물은 21종 1,948개체로 평균 40.58ind/m<sup>2</sup>이 출현하였다(Table 3). Sum-Aa.Ua 결과 총 16개 정점에서 표층조사와 갈퀴조사 결과 중첩된 생물량을 제거한 후 계수한 대형저서생물은 17종 5,212개체로 평균 108.58ind/m<sup>2</sup>이 출현하였다(Table 4). 지역 구분이 없는 경우 종수는 봄에 4종이 더 많이 출현하였고, 개체수는 여름에 268% 급증하였다. 종 변화는 밤게(*P. pisum*)는 여름에만 출현하였고,

봄에 출현하였던 세스랑게(*C. dilatatum*), 단각류(Amphipada), 갯우렁이(*L. gilva*), 동죽(*M. veneriformis*), 해변말미잘류(*A. equina*)은 여름에는 출현하지 않았다. 개체수는 봄에 비하여 여름에 콩게류(*Lyoplax* spp.), 두토막눈썹참갯지렁이(*P. aibuhitensis*), 편형동물(Platyhelminthes) 개체수는 감소하였고, 칠게(*M. japonicus*), 좁쌀무늬고둥(*N. livescens*), 갈색새알조개(*G. chinensis*), 흰이빨참갯지렁이(*P. leucophryna*), 개맛(*L. unguis*)은 증가하였다.

Table 3. Spr-Aa.Ua(이용·비이용지역을 포함한 출입빈도가 적은 봄)에 출현한 종과 개체수

Taxon	Zoological name	Aa1	Aa2	Aa3	Aa4	Aa5	Aa6	Aa7	Aa8	Ua1	Ua2	Ua3	Ua4	Ua5	Ua6	Ua7	Ua8	계
Arthropoda	Maj	107	13	67	9	20	32	6	63	100	101	8	92	65	52	31	93	859
Arthropoda	Ily	47		24			21	12			48			38	1		56	247
Arthropoda	Phi																	0
Arthropoda	Cle															1	1	2
Arthropoda	Alp														2			2
Arthropoda	Amp	1																1
Mollusca	Nas	4			1			11							2			18
Mollusca	Bul	1	1		1												1	4
Mollusca	Gla								68						2			70
Mollusca	Eus											7	2					9
Mollusca	Mac																1	1
Mollusca	Cyc				1						1	6			1	56		65
Annelida	Prs		15	5	11	4	3	3	3	5		8	3	1	7	8		76
Annelida	Dio														3			3
Annelida	Het				1		2											3
Annelida	Prn			49	2		21	4	1	6	5	3		9			6	106
Annelida	Gly		1		1	7		20	9	14		2	4	2	184	2		246
Annelida	Glo							2										2
Annelida	Ner		1			7	1			1	2						3	15
Platyhelminth	Plt	1	5		1	9	3	12	3	6		8	1		19	4	1	73
Platyhelminth	Flat																	0
Brachiopoda	Lin	3	3		6	4		4		1	1	123						145
Coelenterate	Act																1	1

Table 4. Sum-Aa.Ua(이용·비이용지역을 포함한 출입빈도가 많은 여름) 출현한 종과 개체수

Taxon	Zoological name	Aa1	Aa2	Aa3	Aa4	Aa5	Aa6	Aa7	Aa8	Ua1	Ua2	Ua3	Ua4	Ua5	Ua6	Ua7	Ua8	계
Arthropoda	Maj	81	64	139	170	149	176	175	87	108	149	140	116	133	151	172	199	2,209
Arthropoda	Ily			18					1						3	9		31
Arthropoda	Phi													1				1
Arthropoda	Cle																	0
Arthropoda	Alp	1	2		3	2		6	2	2	1	2			2	2	1	26
Arthropoda	Amp																	0
Mollusca	Nas	3	51	7	18	2	6	1	31	59	36		156	3			4	377
Mollusca	Bul	2	9			12				3		2	2		1			31
Mollusca	Gla	2	2			2			1241	1	1				2		1	1,252
Mollusca	Eus																	0
Mollusca	Mac																	0
Mollusca	Cyc									3	1	8				58	2	72
Annelida	Prs	42	45	40	46	47	62	28	14	15	37	22	20	40	59	39	52	608
Annelida	Dio						1								10	4		15
Annelida	Het					1	2											3
Annelida	Prn	9	5	7	4	1	1	3	8			2			4	1	3	48
Annelida	Gly	17	6	8	21	35	46	44	24	8	2	3	2	9	13	17	32	287
Annelida	Glo								1									1
Annelida	Ner		13															13
Platyhelminth	Plt	2			1		3		11						1		3	21
Platyhelminth	Flat																	0
Brachiopoda	Lin	7	6		4	1			7	6	3	120	1	5	52		4	216
Coelenterate	Act																	0

#### Aa-Spr.Sum vs Ua-Spr.Sum 비교 조사 결과

Aa-Spr.Sum 조사 결과 총 8개 정점에서 표층조사와 갈퀴조사 결과 중첩된 생물량을 제거한 후 계수한 대형저서생물은 17종 3,826개체로 평균 79.71ind/m<sup>2</sup>이 출현하였다. Ua-Spr.Sum 조사 결과 총 8개 정점에서 표층조사와 갈퀴조사 결과 중첩된 생물량을 제거한 후 계수한 대형저서생물은 19종 3,334개체로 평균 69.46ind/m<sup>2</sup>이 출현하였다(Table 5). 계절에 관계없이 비이용지역이 이용지역에 비해 개체수는 적으나, 종수는 2종이 더 출현하였다. 두 지역의 종 분포는 단각류(Amphipada), 버들갯지렁이류(Heteromastus spp), 큰구슬우렁이(*G. didyma*)는 이용지역에만 출현하였고 밤게(*P. pisum*), 세스랑게(*C. dilatatum*), 갯우렁이(*L. gilva*), 동죽(*M. veneriformis*), 해변말미잘(*A. equina*)은 비이용지역에만 출현하였다. 개체수를 비교하면 이용지역이 비이용지역보다 개체수는 많으나 이용지역에서는 칠게(*M. japonicus*)에 이어 갈색새알조개(*G. chinensis*)가 1,315개체, 34.47% 우점하였으나 비이용지역에서는 7개체밖에 출현하지 않아 전체 개체수는 이용지역이 더 많이 나타났다. 비이용지역은 이용지역에 비해 칠게(*M. japonicus*), 가무락조개(*C. sinensis*), 개뿔(*L. unguis*)이 많이 출현하였으며, 이용지역에 비해 칠게(*M. japonicus*)를 제외한 다른 종의 극우점은 나타나고 있지 않다.

Spr-Aa.Ua vs Sum-Aa.Ua 결과 봄에 비하여 여름에 종수는 21종에서 17종으로 4종 감소하였고, Aa-Spr.Sum vs Ua-Spr.Sum 결과 비이용 지역이 이용지역에 비해 2종이 더 많이 출현하였다. 즉 대형저서생물은 인간의 간섭을 적게 받는 봄과 비이용

지역에서 생물다양성이 높음을 알 수 있다. 개체수는 이용지역과 비이용 지역에서는 큰 차이가 없으나 계절적으로 봄보다 여름에 더 많은 개체수가 나타나며, 이는 칠게 (*M. japonicus*), 좁쌀무늬고둥 (*N. livescens*), 갈색새알조개 (*G. chinensis*), 흰이빨참갯지렁이 (*P. leucophryna*)의 개체수가 산란기를 맞이하여 급증한 것이 원인으로 보인다.

Table 5. 지역 및 계절별로 비교한 출현 종수와 개체수

지역 및 계절	Number of species	number	
		total number	Individual number(ind/m <sup>2</sup> )
Aa-Spr	15	737	30.71
Ua-Spr	18	1,211	50.46
Aa-Sum	15	3,089	128.71
Ua-Sum	14	2,123	88.46
Spr-Aa.Ua	21	1,948	40.58
Sum-Aa.Ua	17	5,212	108.58
Aa-Spr.Sum	17	3,826	79.71
Ua-Spr.Sum	24	3,334	69.46

시기별, 지역별 출현 동물문과 개체 백분율은 Spr-Aa.Ua 결과 총 21종 1,948개체 중 절지동물 5종, 연체동물 6종, 환형동물 7종, 편형동물 1종, 완족동물 1종, 강장동물 1종이며, 단위면적 당 개체수(ind/m<sup>2</sup>) 및 백분율은 절지동물 46.29(ind/m<sup>2</sup>) 57.03%로 가장 많고, 연체동물 6.96(ind/m<sup>2</sup>) 8.57%, 환형동물 18.79(ind/m<sup>2</sup>) 23.15%, 편형동물 3.04(ind/m<sup>2</sup>) 3.75%, 완족동물 6.04(ind/m<sup>2</sup>) 7.44%, 강장동물 0.04(ind/m<sup>2</sup>) 0%를 차지하였다. Sum-Aa.Ua 결과 총 17종 5,212 개체 중 절지동물 4종, 연체동물 4종, 환형동물 7종, 편형동물 1종, 완족동물 1종이며, 단위면적 당 개체수(ind/m<sup>2</sup>) 및 백분율은 절지동물 86.92(ind/m<sup>2</sup>) 40.02%로 가장 많고, 연체동물 72.17(ind/m<sup>2</sup>) 33.23%, 환형동물 40.67(ind/m<sup>2</sup>) 18.73%, 편형동물 0.88(ind/m<sup>2</sup>) 0.40%, 완족동물 9(ind/m<sup>2</sup>) 4.14%를 차지하였다(Table 6). 평균 개체수는 여름에 급증하였으며 개체백분율은 봄에 비하여 여름에 연체동물이 8.57%에서 33.23%로 급증하였으며, 기타 동물문은 개체백분율이 감소하였다. 봄에 비하여 여름에는 절지동물과 연체동물의 종수는 감소하고 환형동물의 종수는 변화가 없다. 이는 잠입형 생활을 하는 환형동물이 표서성 또는 굴을 만들어 출입하거나 부유성식자보다 안정적인 환경을 유지하기 때문으로 판단된다.

계절에 관계없이 이용, 비이용 지역을 비교하면, Aa-Spr.Sum 결과 총 17종 3,826 개체 중 절지동물 4종, 연체동물 4종, 환형동물 7종, 편형동물 1종, 완족동물 1종이

며, 단위면적 당 개체수(ind/m<sup>2</sup>) 및 백분율은 절지동물 62.42(ind/m<sup>2</sup>) 39.15%로 가장 많고, 연체동물 61.54(ind/m<sup>2</sup>) 38.60%, 환형동물 31.46(ind/m<sup>2</sup>) 19.73%, 편형동물 2.13(ind/m<sup>2</sup>) 1.33%, 완족동물 1.88(ind/m<sup>2</sup>) 1.18%를 차지하였다. Ua-Spr.Sum 결과 총 19종 3,334개체 중 절지동물 5종, 연체동물 6종, 환형동물 5종, 편형동물 1종, 완족동물 1종, 강장동물 1종이며, 단위면적 당 개체수(ind/m<sup>2</sup>) 및 백분율은 절지동물 78.33(ind/m<sup>2</sup>) 56.39%로 가장 많고, 연체동물 17.58(ind/m<sup>2</sup>) 12.66%, 환형동물 28(ind/m<sup>2</sup>) 20.16%, 편형동물 1.79(ind/m<sup>2</sup>) 1.29%, 완족동물 13.17(ind/m<sup>2</sup>) 9.48%, 강장동물 0.04(ind/m<sup>2</sup>) 0%를 차지하였다(Table 7). 이용지역과 비이용 지역(Aa-Spr.Sum vs Ua-Spr.Sum)을 비교하면 절지동물과 연체동물은 비이용 지역에서 더 많은 종이 출현하며, 환형동물은 오히려 이용지역에서 더 많이 출현하여 펄 갯벌이 경화되고 있음에도 잠입형 동물이 안정하게 유지되는 것으로 판단한다. 갈색새알조개(*G. chinensis*)와 개맛(*L. unguis*), 가무락조개(*C. sinensis*)같은 종은 계절에 관계없이 일부 지역에서 집중적으로 다수 출현하였으며, 좁쌀무늬고둥(*N. livescens*)은 여름에 일부지역에 집중되어 출현하는 등 일부 종은 퇴적환경과 유기물 함량이 유사함에도 전 지역에 고르게 분포하지 않는 경향을 보였다.

Table 6. Spr-Aa.Ua vs Sum-Aa.Ua에 출현한 종과 개체수 비교

taxonomic	Spr-Aa.Ua				Sum-Aa.Ua			
	종수	개체수	평균개체수	개체백분율	종수	개체수	평균개체수	개체백분율
Arthropoda	5	1,111	46.29	57.03	4	2,086	86.92	40.02
Mollusca	6	167	6.96	8.57	4	1,732	72.17	33.23
Annelida	7	451	18.79	23.15	7	976	40.67	18.73
Platyhelminth	1	73	3.04	3.75	1	21	0.88	0.40
Brachiopoda	1	145	6.04	7.44	1	216	9	4.14
Coelenterate	1	1	0.04	0.00				
계	21	1,948	81.16		17	5,212	209.64	

Table 7. Aa-Spr.Sum vs Ua-Spr.Sum의 출현한 종과 개체수 비교

taxonomic	Aa-Spr.Sum				Ua-Spr.Sum			
	종수	개체수	평균개체수	개체백분율	종수	개체수	평균개체수	개체백분율
Arthropoda	4	1,498	62.42	39.15	5	1,880	78.33	56.39
Mollusca	4	1,477	61.54	38.60	6	422	17.58	12.66
Annelida	7	755	31.46	19.73	5	672	28	20.16
Platyhelminth	1	51	2.13	1.33	1	43	1.79	1.29
Brachiopoda	1	45	1.88	1.18	1	316	13.17	9.48
Coelenterate					1	1	0.04	0.00
계	17	3,826	159.43		24	3,334	138.91	

## 퇴적상과 종조성

조사지역 16개 정점에서 봄과 여름 계절별로 표층 조사와 갈퀴 조사를 병행하여 조사한 결과 조사 시기(계절)와 지역에 관계없이 Flemming(2000)이 제안한 방법에 따라 slightly sandy mud(75~95%), mud(>95%) 등 2개의 퇴적상이 나타났다.

### Spr-Aa.Ua vs Sum-Aa.Ua 퇴적상과 종조성 비교

Spr-Aa.Ua vs Sum-Aa.Ua는 Spr-Aa.Ua 조사 결과 slightly sandy mud 퇴적층은 정점수 5, 출현 종수 14종, 평균 출현개체수 12.07ind/m<sup>2</sup>이며, mud 퇴적층은 정점수 11, 출현 종수 17종, 평균 출현개체수 6.22ind/m<sup>2</sup>이다. slightly sandy mud 퇴적층 절지동물이 3종 445개체 52.66%, 연체동물이 3종 85개체 10.06%, 환형동물이 6종 269개체 31.83%, 편형동물이 1종 40개체 4.73%, 완족동물이 1종 6개체 0.71% 출현하였다. mud 퇴적층은 절지동물이 4종 726개체 62.42%, 연체동물이 5종 82개체 7.05%, 환형동물이 5종 182개체 15.65%, 편형동물이 1종 33개체 2.84%, 완족동물이 1종 139개체 11.95%, 강장동물 1종 1개체 0.08% 출현하였다. slightly sandy mud 퇴적층에서는 칠게(*M. japonicus*), 콩게류(*lyoplax* spp.), 미갑갯지렁이류(*Glycera* spp.), 갈색새알조개(*G. chinensis*)가 우점하고, mud 퇴적층은 칠게(*M. japonicus*), 콩게류(*lyoplax* spp.), 가무락조개(*C. sinensis*), 흰이빨참갯지렁이(*P. leucophryna*), 두토막눈썩참갯지렁이(*P. aibuhitensis*), 개맛(*L. unguis*)이 우점하였다. 칠게(*M. japonicus*)와 콩게류(*lyoplax* spp.)는 slightly sandy mud 퇴적층과 mud 퇴적층 모두 우점하고 있다(Table 8).

Sum-Aa.Ua 조사 결과 slightly sandy mud 퇴적층은 정점수 8, 출현 종수 15종, 평균 출현개체수 27.19ind/m<sup>2</sup>이며, mud 퇴적층은 정점수 8, 출현 종수 14종, 평균 출현개체수 16.24ind/m<sup>2</sup>이다. slightly sandy mud 퇴적층 절지동물이 3종 1,121개체 34.35%, 연체동물이 4종 1,410개체 43.21%, 환형동물이 6종 525개체 16.09%, 편형동물이 1종 17개체 0.52%, 완족동물이 1종 190개체 5.82% 출현하였다. mud 퇴적층은 절지동물이 4종 1,146개체 58.80%, 연체동물이 4종 322개체 16.52%, 환형동물이 4종 451개체 23.14%, 편형동물이 1종 4개체 0.21%, 완족동물이 1종 26개체 1.33% 출현하였다. slightly sandy mud 퇴적층과 mud 퇴적층 모두 칠게(*M. japonicus*), 좁쌀무늬고둥(*N. livescens*), 흰이빨참갯지렁이(*P. leucophryna*), 미갑갯지렁이류(*Glycera* spp.), 개맛(*L. unguis*)이 우점하고 있으며, slightly sandy mud 퇴적층의 A8 정점에서 갈색새알조개(*G. chinensis*)가 대량 출현하였다(Table 9).

Spr-Aa.Ua vs Sum-Aa.Ua 결과 slightly sandy mud 퇴적상은 Spr-Aa.Ua에 정점수 5, Sum-Aa.Ua에 정점수 8로 Sum-Aa.Ua에 정점수 3 증가, mud 퇴적상은 Spr-Aa.Ua에 정점수 11, Sum-Aa.Ua에 정점수 8로 Sum-Aa.Ua에 정점수 3이 감소하였다. 봄에 비하여 여름에 slightly sandy mud 퇴적상은 증가하고, mud 퇴적상은 감소하여 여름에 모래의 유입이 증가하는 것으로 판단된다.

조사 결과 slightly sandy mud 퇴적층에서는 Spr-Aa.Ua 출현 종수 14종, 평균 출현개체수 12.07ind/m<sup>2</sup>, Sum-Aa.Ua 출현 종수 15종, 평균 출현개체수 27.19ind/m<sup>2</sup>로 봄에 비하여 여름에 출현종수 1종 증가, 평균개체수는 125% 증가하였다. mud 퇴적층에서는 출현 종수 17종, 평균 출현개체수 6.22ind/m<sup>2</sup>, Sum-Aa.Ua 출현 종수 14종, 평균 출현개체수 16.24ind/m<sup>2</sup>으로 봄에 비하여 여름에 출현종수 3종 감소, 평균개체수는 261% 증가하였다. 봄에 비하여 여름에는 slightly sandy mud 퇴적층에서 종수와 개체수가 증가하였고, mud 퇴적층에서는 종수는 감소하였으나 개체수는 증가하였다.

칠게(*M. japonicus*)는 계절에 관계없이 빈도수가 높고 우점하였으며, Sum-Aa.Ua 이 Spr-Aa.Ua에 비해 종수는 감소하여 종다양도는 낮아졌으나, 칠게(*M. japonicus*) 등의 산란으로 개체수는 증가하였다.

Table 8. Spr-Aa.Ua의 퇴적상과 종조성

Sedimentary facies	Score of stations	species Total species number	individual		Taxon taxonomic	Taxon		
			Individual number	Mean individual number		species number	Individual number	percent
slightly sandy mud	5	14	845	12.07	Arthropoda	3	445	52.66
					Mollusca	3	85	10.06
					Annelida	6	269	31.83
					Platyhelminth	1	40	4.73
					Brachiopoda	1	6	0.71
					Coelenterate	-	-	-
mud	11	17	1,163	6.22	Arthropoda	4	726	62.42
					Mollusca	5	82	7.05
					Annelida	5	182	15.65
					Platyhelminth	1	33	2.84
					Brachiopoda	1	139	11.95
					Coelenterate	1	1	0.08

Table 9. Sum-Aa.Ua 퇴적상과 종조성

Sedimentary facies	Score of stations	species Total species number	individual		Taxon taxonomic	species number	Individual number	percent
			Individual number	Mean individual number				
slightly sandy mud	8	15	3,263	27.19	Arthropoda	3	1,121	34.35%
					Mollusca	4	1,410	43.21%
					Annelida	6	525	16.09%
					Platyhelminth	1	17	0.52%
					Brachiopoda	1	190	5.82%
					Coelenterate	-	-	-
mud	8	14	1,949	16.24	Arthropoda	4	1,146	58.80%
					Mollusca	4	322	16.52%
					Annelida	4	451	23.14%
					Platyhelminth	1	4	0.21%
					Brachiopoda	1	26	1.33%
					Coelenterate	-	-	-

**Aa-Spr.Sum vs Ua-Spr.Sum 퇴적상 변화**

이용 지역과 비이용 지역에서 계절별 퇴적상 변화는 이용 지역 8개 정점에서 slightly sandy mud 퇴적상은 봄에는 2정점에서 여름에는 4정점으로 증가하였고, mud 퇴적상은 봄에는 6정점에서 여름에는 4정점으로 감소하였다. 비이용 지역 8개 정점에서 slightly sandy mud 퇴적상은 봄에는 3정점에서 여름에는 4정점으로 증가하였고, mud 퇴적상은 봄에는 5정점에서 여름에는 4정점으로 감소하였다(Table 10). 이용 지역·비이용 지역 모두 여름에 slightly sandy mud 퇴적상은 증가하고, mud 퇴적상은 감소하고 있다. 이는 여름에 조사지역으로 모래 유입이 증가하거나, 펄이 유출되는 것으로 판단된다. 이용지역에서는 봄과 여름에 생물종수는 15종으로 차이가 없었고, 비이용 지역에서는 봄에는 18종, 여름에는 14종이 출현하여 4종의 생물종 감소가 있었다.

Table 10. Aa-Spr.Sum vs Ua-Spr.Sum 퇴적상 변화

Sedimentary facies		Score of stations		
		Spring	Summer	
slightly sandy mud	Access	2	4	ssm 여름에 증가
	Unaccess	3	4	
mud	Access	6	4	m 여름에 감소
	Unaccess	5	4	



## 우점종

조사지역에서 우점종은 이용 지역, 비이용지역과 계절 조사를 모두 통계 처리한 우점종(Aa.Ua+ Spr.Sum)과 봄에 조사한 전체 지역 우점종(Spr-Aa.Ua), 여름에 조사한 전체 지역 우점종(Sum-Aa.Ua), 이용지역 전 계절 우점종(Aa+ Spr.Sum), 비이용 지역 전 계절 우점종(Ua+ Spr.Sum)으로 분류하였다. 분류 결과를 가지고 지역별 우점종 차이(Aa vs Ua)와 계절별 우점종 차이(Spr vs Sum)를 비교하였다.

### Spr-Aa.Ua 우점종

봄에 조사한 전체 지역에 출현한 대형저서생물은 21종이며, 전체 출현 대형저서동물 개체수 중 전체 출현 개체에 비해 1% 이상을 차지하는 9종을 우점종으로 선정하였다. 이들을 순위별로 보면 칠게(*M. japonicus*)가 총 859 개체 44.10%로 가장 많이 출현하였고, 그 다음은 콩게류(*lyoplax* spp) 247 개체 12.68%, 미갑갯지렁이류(*Glycera* spp) 246 개체 12.63% 등 총 9종으로 전체 개체수의 1% 이상 차지하는 개체수는 1,887 개체로 전체의 96.87%를 점유하였다. 주요 우점종들의 공간 분포를 보면 칠게(*M. japonicus*)는 전체 16개 정점 중에서 정점 16개 정점에서 출현하여 가장 높은 출현 빈도수를 보였고, 콩게류(*lyoplax* spp.) 8개 정점, 미갑갯지렁이류(*Glycera* spp) 11개 정점에 출현하였으며, 콩게류(*lyoplax* spp.), 개맛(*L. unguis*), 갈색새알조개(*G. chinensis*), 가무락(*C. sinensis*)은 2~8개 정점에서 출현하여 일부 지역에 집중 서식하고 있었다(Table 11).

### Sum-Aa.Ua 우점종

여름에 조사한 전체 지역에 출현한 대형저서생물은 17종이며, 전체 출현 대형저서동물 개체수 중 전체 출현 개체에 비해 1% 이상을 차지하는 7종을 우점종으로 선정하였다. 이들을 순위별로 보면 칠게(*M. japonicus*)가 총 2,209 개체 42.38%로 가장 많이 출현하였고, 그 다음은 갈색새알조개(*G. chinensis*) 1,252 개체 24.02%, 흰이빨참갯지렁이(*P. leucophryna*) 608 개체 11.67% 등 총 7종으로 전체 개체수의 1% 이상 차지하는 개체수는 5,201 개체로 전체의 99.83%를 점유하였다. 주요 우점종들의 공간 분포를 보면 칠게(*M. japonicus*)는 전체 16개 정점 중에서 정점 16개 정점에서 출현하여 가장 높은 출현 빈도수를 보였고, 갈색새알조개(*G. chinensis*) 8개 정점, 흰이빨참갯지렁이(*P. leucophryna*) 16개 정점에 출현하였다. 우점종 중 칠게(*M. japonicus*), 흰이빨참갯지렁이(*P. leucophryna*), 좁쌀무늬고둥류(*N. livescens*), 미갑갯지렁이류(*Glycera* spp.) 등은 13~16개 정점에서 출현하여 비교적 고르게 분포하는 반면 갈색새알조개(*G. chinensis*), 가무락은 5~8개 정점에서 출현하여 일부 지역에 집중 서식하고 있었다(Table 12).

Table 11. Spr-Aa.Ua 우점종

taxonomic	Zoological name	Individual		percentage	Abundance
		Individual number	Mean individual number (ind/m <sup>2</sup> )		
Arthropoda	<i>M. japonicus</i>	859	17.90	44.10	16
Arthropoda	lyoplax spp.	247	5.15	12.68	8
Annelida	<i>Glycera</i> spp.	246	5.13	12.63	11
Brachiopoda	<i>L. unguis</i>	145	3.02	7.44	8
Annelida	<i>P. aibuhitensis</i>	106	2.21	5.44	10
Annelida	<i>P. leucophryna</i>	76	1.58	3.90	13
Platyhelminth	Platyhelminthes	73	1.52	3.75	13
Mollusca	<i>G. chinensis</i>	70	1.46	3.59	2
Mollusca	<i>C. sinensis</i>	65	1.35	3.34	4

Table 12. Sum-Aa.Ua 우점종

taxonomic	Zoological name	Individual		percentage	Abundance
		Individual number	Mean individual number (ind/m <sup>2</sup> )		
Arthropoda	<i>M. japonicus</i>	2,209	46.02	42.38	16
Mollusca	<i>G. chinensis</i>	1,252	26.08	24.02	8
Annelida	<i>P. leucophryna</i>	608	12.67	11.67	16
Mollusca	<i>N. livescens</i>	377	7.85	7.23	13
Annelida	<i>Glycera</i> spp.	287	5.98	5.51	16
Brachiopoda	<i>L. unguis</i>	216	4.5	4.14	12
Mollusca	<i>C. sinensis</i>	72	1.5	1.38	5

계절별 조사 결과는 봄에 1% 이상 출현하였던 우점종 중 두토막눈썩참갯지렁이(*P. aibuhitensis*)와 편형동물류(Platyhelminthes)는 여름에 출현하지 않았고, 좁쌀무늬고둥(*N. livescens*)은 봄에는 출현하지 않았으나 여름에는 7.85%를 점유하면서 우점종으로 나타났다. 봄과 여름 모두 조사지역에서 칠게는 44.10~46.02%로 극우점하고 있다.

#### Aa.Ua + Spr.Sum 우점종

이용 지역, 비이용지역과 계절 조사를 모두 통계 처리한 우점종의 정점수는 32개로 하였다. 종합 통계 처리에서 나타난 대형저서생물은 22종이며, 전체 출현 대형저서동물 개체수 중 전체 출현 개체에 비해 1% 이상을 차지하는 10종을 우점종으로 선정하였다. 이들을 순위별로 보면 칠게(*M. japonicus*)가 총 3,068 개체 42.85%로 가장 많이 출현하였고, 그 다음은 갈색새알조개(*G. chinensis*) 1,322 개체 13.77%, 흰이빨참갯지렁이(*P. leucophryna*) 684 개체 7.13% 등 총 10종으로 전체 개체수의 1% 이상 차지하는 개체수는 7,026 개체로 전체의 98.13%를 점유하였다(Table 13).

주요 우점종들의 공간 분포를 보면 칠게(*M. japonicus*)는 전체 32개 정점 중에서 정점 3

2개 정점에서 출현하여 가장 높은 출현 빈도수를 보였고, 흰이빨참갯지렁이(*P. leucophryna*) 29개 정점, 미감갯지렁이류(*Glycera* spp) 27개 정점에 출현하여 전 지역에서 고르게 출현하였으며, 갈색새알조개(*G. chinensis*)와 가무락(*C. sinensis*)은 10개 정점에서 출현하여 일부 지역에 집중 서식하고 있었다. 조사 지역이 연안에 접해있어 퇴적상에 따른 특별한 분포는 보이지 않고, 중부 조간대와 하부 조간대에서 출현하는 길게(*M. dilatatus*), 양편불가사리(*Amphiurida* app) 등은 전혀 출현하지 않고 slightly sandy mud 퇴적상과 mud 퇴적상에서 일반적으로 출현하는 종으로 구성되어 있다. 따라서 조사 지역에 출현한 우점종은 펄 지역에 주로 서식하는 종임을 알 수 있다.

칠게(*M. japonicus*)는 계절과 지역에 관계없이 우점하고 있으며, 특히 여름철 비이용지역에 개체수가 급증하고 있다. 갈색새알조개(*G. chinensis*) 여름철 이용지역에서 개체수가 급증하고 있다. 환형동물에 속하는 흰이빨참갯지렁이(*P. leucophryna*), 두토막눈썹참갯지렁이(*P. aibuhitensis*), 미감갯지렁이류(*Glycera* spp.)는 출현 개체수는 여름과 비이용지역에서 개체수가 증가하는 등 계절과 지역에 따라 변화가 있으나 출현빈도수는 계절과 지역에 관계없이 높아 전 지역에 고르게 서식하고 있으며, 개체수 증감은 외부 환경에 민감하게 반응함을 알 수 있다.

조사 지역의 퇴적상은 니질 함량이 75% 이상인 slightly sandy mud 퇴적상과 니질 함량이 95% 이상인 mud 퇴적상 등 펄이 우세한 단순한 퇴적상으로 출현하는 우점종이 펄지역을 선호하는 종으로 조사지역의 퇴적상 사이에 특별한 관계는 없다.

Table 13. Aa.Ua + Spr.Sum 우점종

taxonomic	Zoological name	Individual		percentage	Abundance
		Individual number	Mean individual number (ind/m <sup>2</sup> )		
Arthropoda	<i>M. japonicus</i>	3,068	31.96	42.85	32
Mollusca	<i>G. chinensis</i>	1,322	13.77	18.46	10
Annelida	<i>P. leucophryna</i>	684	7.13	9.55	29
Annelida	<i>Glycera</i> spp.	533	5.55	7.44	27
Mollusca	<i>N. livescens</i>	395	4.11	5.52	17
Brachiopoda	<i>L. unguis</i>	361	3.76	5.04	20
Arthropoda	lyoplax spp.	278	2.90	3.88	12
Annelida	<i>P. aibuhitensis</i>	154	1.60	2.15	22
Mollusca	<i>C. sinensis</i>	137	1.43	1.91	10
Platyhelminth	Platyhelminthes	94	0.98	1.31	19
계		7,026		98.13	

### 갯벌 휴식년제

해양보호구역은 해양에서 각종 개발·이용행위의 증가로 인하여 해양생물 서식지 및 산란지 파괴 등 해양생태계 훼손이 급격히 진행되고 있어 보전가치가 있는 해양생태계를 보호구역으로 지정하여 훼손행위를 예방하기 위하여 도입된 제도이다. 해양보호구역은 해양의 자연생태가 원시성을 유지하고 있거나 해양생물다양성이 풍부하여 학술적 연구가치가 있는 해역 및 보호대상해양생물의 서식지·산란지 등으로서 보전가치가 있다고 인정되는 해역 등에

지정하며, 건축물의 신축·증축 행위 등 해양생태계를 훼손하는 행위는 금지된다. 그러나 「자연공원법 28조」에서 규정한 자연휴식년제 또는 자연생태계 훼손에 대한 복원에 대한 생태계 보전과 복원에 대한 방법은 제시하고 있지 않다.

다만 국토해양부는 생물서식처 제공, 수산물 생산, 오염방지 등 갯벌의 중요한 기능에도 불구하고, 그간 매립 등 개발로 인하여 갯벌이 훼손의 심각성은 인식하고, 갯벌 매립 등 경제적 목적을 위해 불가피한 갯벌의 이용은 최소한으로 하되, 이와 더불어 매립 후 가치가 상실되어 훼손·방치·오염되어 있는 지역을 복원하는 국가 차원의 종합적인 추진계획 수립(2009)하였고, 해양수산부(2005)는 갯벌체험행사 관리지침 제정을 위하여 갯벌체험행사가 저서 생태계에 미치는 영향에 관한 모니터링을 실시하고 체험행사로 인해 훼손된 갯벌생태계가 자연생태계 수준으로 회복되는 기간을 알아내어 갯벌 휴식년제와 같은 제도 마련을 주문하기도 하였다.

주로 국립공원 단위에서 시행하고 있는 현행 자연휴식년제는 국립공원을 제외한 해양보호구역 또는 생물종다양성 복원이 필요한 지역으로 확대할 필요가 있다. 특히 보호구역으로 지정되지 못하였으나 생물다양성 보존가치가 높은 지역에 대해서 지방자치단체와 해당 지역 주민의 필요에 따라 시행될 수 있도록 하여, 적절한 보존 활동이 효과적으로 이루어지게 할 필요가 있다. 그러나 현재 지방재정과 지역 관광 수익의 확대를 위하여 관광객에 의한 수익성을 강조한 나머지, 적절한 수용 인원을 넘어서는 탐방객을 무리하게 입장시킴으로써 갯벌 침입이 잦아지고, 이로 인한 갯벌 서서동물을 비롯한 염생식물 군락지 훼손이 초래되고 있다. 김순래(미발표)는 2014년 동막 갯벌 이해당사자 109명을 대상으로 ‘생태안내인’ 제도 실시 여부, 환경교육 시설 필요 여부, 동막 갯벌 ‘갯벌 휴식년제’에 대한 의견에 대하여 설문조사한 결과 ‘생태안내인 제도를 실시여부’는 79.82%가 필요하다. ‘환경교육 시설 필요 여부’는 88.99%가 필요하다. ‘갯벌 휴식년제 실시 의견’은 74.31%가 필요하다고 답하였으며, 특히 ‘갯벌 휴식년제 실시 의견’은 관광객은 59.26%, 지역주민 67.74%, 강화군 공무원은 86.28%가 필요하다고 응답하여 지역주민과 공무원이 갯벌 훼손의 심각성을 인식하고 생물종다양성 유지와 갯벌 환경 복원을 위한 갯벌 휴식년제 도입을 원하고 있는 것으로 나타났다. 따라서 동막 갯벌의 갯벌 휴식년제 도입은 생물다양성 보전과 지속가능 발전 방안의 방법으로 적극적으로 시행할 필요가 있으며 이를 위한 강화군, 지역 주민 그리고 시민단체의 협력을 바탕으로 체계적인 준비 과정과 실행 단위가 필요하다.

## 결 론

1. 환경 요인 중 니질 함량은 시기와 지역에 관계없이 니질 함량은 83.299%~98.725% 범위로 slightly sandy mud(75~95%), mud(>95%)의 2개 퇴적상만 나타나는 단순한 퇴적상이 나타났다. 유기물 함량은 비이용지역 여름 최소값 2.474%, 이용지역 봄에 최대값 5.582%으로 시기와 지역에 관계없이 평균 3.001%로 나타났다. 모든 계절과 지역에서 봄에 비하여 여름에 유기물 함량이 감소하였다. 조사 지역은 주변 지역 갯벌의 유기물 함량 보다 다소 높은 값을 나타냈다.
2. 생물상은 Spr-Aa.Ua vs Sum-Aa.Ua, Aa-Spr.Sum vs Ua-Spr.Sum를 비교, 분석하였다. 시기별로는 Spr-Aa.Ua은 대형저서생물은 21종, 1,948개체, 평균 40.58ind/m<sup>2</sup> 출현.

Sum-Aa.Ua은 대형저서생물은 17종, 5,212개체, 평균 108.58ind/m<sup>2</sup> 출현하여 지역 구분 없는 경우 종수는 봄에 4종이 더 많이 출현하였고, 개체수는 여름에 268% 급증하였다. 이용지역별로는 Aa-Spr.Sum은 대형저서생물은 17종, 3,826개체, 평균개체수 79.71ind/m<sup>2</sup> 출현. Ua-Spr.Sum은 19종, 3,334개체, 평균개체수 69.46ind/m<sup>2</sup>이 출현하여 이용지역에 비해 비이용지역에서 출현종수는 2종 증가, 평균 개체수는 23% 감소하였다. 시기별 출현종수와 개체수는 이용객수가 적은 봄에 출현종수가 많았고, 개체수는 여름에 많았다. 지역별 출현종수와 개체수는 비이용지역에서 출현종수가 많았고, 개체수는 이용지역에서 많았다.

#### 4. 우점종

전체 출현 대형저서동물 개체수 중 전체 출현 개체에 비해 1% 이상을 차지하는 10종을 우점종으로 선정하였다. 이들을 순위별로 보면 칠게(*M. japonicus*)가 총 3,068 개체 42.85%로 가장 많이 출현하였고, 그 다음은 갈색새알조개(*G. chinensis*), 흰이빨참갯지렁이(*P. leucophryna*) 등 총 10종으로 전체 개체수의 1% 이상 차지하는 개체수는 7,026 개체로 전체의 98.13%를 점유하였다. 주요 우점종들의 공간 분포를 보면 칠게(*M. japonicus*)는 전체 32개 정점 중에서 정점 32개 정점에서 출현하여 가장 높은 출현 빈도수를 보였고, 흰이빨참갯지렁이(*P. leucophryna*) 29개 정점, 미갯지렁이류(*Glycera* spp) 27개 정점에 출현하여 전 지역에서 고르게 출현하였으며, 갈색새알조개(*G. chinensis*)와 가무락(*C. sinensis*)은 10개 정점에서 출현하여 일부 지역에 집중 서식하고 있었다.

#### 5. 갯벌 휴식년제

2014년 동막 갯벌 이해당사자 109명을 대상으로 ‘생태안내인’ 제도 실시 여부, 환경교육 시설 필요 여부, 동막 갯벌 ‘갯벌 휴식년제’에 대한 의견에 대하여 설문조사한 결과 ‘생태안내인’ 제도를 실시여부’는 79.82%가 필요하다. ‘환경교육 시설 필요 여부’는 88.99%가 필요하다. ‘갯벌 휴식년제 실시 의견’은 74.31%가 필요하다고 답하였으며, 특히 ‘갯벌 휴식년제 실시 의견’은 관광객은 59.26%, 지역주민 67.74%, 강화군 공무원은 86.28%가 필요하다고 응답하여 지역주민과 공무원이 갯벌 훼손의 심각성을 인식하고 생물종다양성 유지와 갯벌 환경 복원을 위한 갯벌 휴식년제 도입을 원하고 있는 것으로 나타났다.

#### 6. 지속가능 발전

조사 결과 동막 갯벌은 니질 함량이 83.299% 이상인 펄 지역임에도 불구하고 관광객 출입이 많은 지역은 갯벌 경화가 일어나고 있었다. 유기물 함량은 평균 3.001%로 주변 갯벌보다 현저하게 높은 값을 나타냈다. 대형저서생물의 종수 또한 주변 갯벌에 비하여 낮게 나타났고, 칠게(*M. japonicus*)가 전 지역에 극우점하고 있었으며, 갈색새알조개(*G. chinensis*), 가무락조개(*C. sinensis*), 개맛(*L. unguis*) 등이 일부지역에 집중되어 있어 균등도가 낮게 나타나고 있다. 설문조사 결과(미발표 자료) 갯벌 휴식년제를 포함한 갯벌 복원 및 탐방객 대상 환경교육 실시에 대한 요구가 지역주민을 중심으로 매우 높았다. 따라서 서식처를 복원하거나 인간 활동에 의해 사라진 손실분을 보상할 서식처를 만들기 위해 충분한 시간을 두고 모니터링을 실시할 필요가 있으며, 동막 갯벌 지속가능 발전을 위하여 생물종다양성 보전 및 생물자원 관리, 환경훼손을 최대한 억제하며 관광객의 다양한 여가 수용과 지역 주민 경제활성화 정책 수립 등 안정적인 기반 아래 일관성 있는 관리정책이 추진되어야 할 것이다.

## 참 고 문 헌

- 고병설, 최옥인. 2005. 갯벌체험행사가 생태계에 미치는 영향. 국립수산과학원 갯벌연구센터
- 고철환, 2001. 한국의 갯벌, 서울대학교출판부. pp.3~236.
- 국립공원관리공단, 아름다운 국립공원, 99년 봄 호. pp.6.
- 국토해양부. 2009. 갯벌복원 추진계획
- 경기도교육위원회. 1989. 경기도의 암석. pp.162-163.
- 김계림, 유주형, 김상완, 최종국. STR 자료를 이용한 갯벌퇴적환경 특성 연구. Korean Journal of Remote Sensing. Vol. 26. No5. pp.497-510.
- 김기웅, 2000. 강화여차리, 대부 방아다리, 화성 주곡리 갯벌의 저서동물 군집. 서울대학교 대학원 이학석사논문.
- 김동성, 민원기, 제종길. 2000. 강화도 여차리 니질갯벌과 사질갯벌에 서식하는 중형저서동물의 군집구조. 한국습지학회지 2004, Vol.6 No.11. pp.43-55.
- 김순래. 2013. 맵핑 기법을 이용한 강화남단 서부 갯벌 대형저서동물 군집 분석. 고려대학교 대학원 석사학위논문.
- 박시사. 2001. 관광소비자 행동론. 대왕사. pp.60.
- 류근환. 2009. 인천연안 조간대에 칠면초 군락 재생을 위한 토양 및 생육특성에 관한 연구. 단국대학교 부동산건설대학원석사학위논문.
- 류종성, 2005. 새만금갯벌 저서동물 군집의 대상분포 및 이를 결정하는 환경요인. 서울대학교 대학원 박사학위 논문. pp.10~91.
- 손대현. 1993. 관광 개발과 환경보전. 한양관광논총. pp.290.
- 서인영. 2003. 인천갯벌 저서생물의 군집구조와 먹이망. 인하대학교 대학원. 박사학위 논문.
- 오상훈. 1993. 지속가능한 관광 개발과 마케팅 컨셉의 변화. 한양관광논총. pp.193-194.
- 우한준, 제종길. 2002. 강화 남부 갯벌의 퇴적환경 변화. Ocean and Polar Research, 24. pp.331-343.
- 우한준, 박장준, 이연규, 제종길, 최재웅., 2004. 한국 서해 강화 갯벌의 퇴적물 특성. 한국습지학회지 6. pp.167~178.
- 우한준, 이연규. 2006. 강화 남부 갯벌의 유공충 특성. 한국습지학회논문집 제8권 제3호. p p.51-65.
- 유기준, 김정민, 조우. 2009. 국립공원 특별보호구 정책에 대한 지역주민과 탐방객의 인식에 관한연구 1- 지리산국립공원칠선계곡자연휴식년제를중심으로- 한국환경생태학회지 23(6). pp.585-593.
- 이현정. 2003. 송도지역 연안개발에 따른 해양저서동물 군집의 장기변동. 인하대학교 대학원 이학석사 논문.
- 인천발전연구원. 1999. 인천연안 갯벌의 현황과 보전방안 연구보고서.
- 임병선. 1999. 갯벌생태계의 중요성과 그 보존방안. 제20회 자연공원 세미나, 국립공원협회. pp.95-112.
- 임주환, 권오준, 이명우, 임봉구. 1998. 환경친화적 관광지개발론. 백산출판사.
- 임현식, 박경양, 임병선, 이점숙, 주수동. 1997. 목포인근 펄 조간대의 저서동물 군집. Korean J. Ecol., 20(5): pp.355-365

- 최성용. 2011. 외해에 면한 서해안의 갯벌저서동물군집의 생태학적 연구. 인하대학교 대학원 석사학위 논문.
- 최승담. 1998. 공공주도형 관광자원 개발의 현황 및 개선방안. [관광개발논총] 제 8호, 한국관광개발학회. pp.50.
- 한국관광공사. 1997. 전게서. pp.16.
- 해양수산부. 2003. 갯벌 생태계조사 및 지속가능한 이용방안 연구. pp.20-24.
- 해양수산부. 2005. 우리나라 갯벌. pp.12.
- 해양수산부. 2007. 해양생태계 보전·관리 기본계획 2008-2017.
- 현정호, 목진숙, 조혜연, 조병철, 최중기. 2004. 하계 강화도 갯벌의 혐기성 유기물 분해능 및 환산염 환원력. 한국습지학회지 6. pp.75-90.
- 홍재상, 황인서. 2000. 인천 송도 신시가지 조성을 위한 갯벌 매립이 해양저서동물 군집에 미친 영향. 한국어업기술학회 춘계수산관련학회 공동학술대회.
- KB금융지주연구소. 2011. 인구변화에 따른 주택시장의 영향 및 시사점.
- Beukema, J.J., E.C. Flach, R. Dekker, M. Starink, 1999. A long-term study of the recovery of the macrozoobenthos on large defaunated plots on a tidal flat in the Wadden Sea. *Journal of sea research*, 42. pp.235-254.
- Bilyard G.R., 1987. The value of benthic infauna in marine pollution monitoring studies. *Mar Poll Bull.* 18. pp.581-583.
- Cairns, J. Jr, 1983. Are single species tests alone adequate for estimating hazard? *Hydrobiologia* 100. pp.47-57.
- Gesteira, J.L.G., J.C.Dauvin, 2000. Amphipods are good bioindicators of the impact of oil spills on soft-bottom macrobenthic communities. *Marine pollution bulletin*, 40. pp.1017-1027.
- Herbert G. Kariel, 1989. "Tourism And Development : Perplexity Or Panacea?", *Journal Of Travel Research*, Summer. pp.2.
- Howard Geen , Colin Hunter , And Bruno Moore, "Assessing The Environmental Impact Of Tourism Development - Use Of The Delphi Technique- ", *Tourism Management*, June, 1990. pp.111.
- J. Edwards. 1990. Environmental tourism and development. *Tourism Management*. Vol. 11(3). pp.266.
- Judy Cohen & John Richardson. 1995. "Nature Tourism Vs . Incompatible : Industries : Megamarketing The Ecological Environment To Ensure The Economic Future Of Nature Tourism", *Journal Of Travel & Tourism Marketing* , Vol 4. pp.108.
- Laffoley, D., Grimsditch, G. (Eds). 2009. *The management of natural coastal carbon sinks*. Gland, Switzerland: IUCN
- Lim, H. J. 2003. Toward a more effective management system for nature-rest of national parks-with a focus on visitor management of Mt. Halla national park. Master thesis, Hanyang University, Seoul, Korea, pp.119.
- Michael Riley. 1996. "Tourism Development Under Close Control: The Case Of The

- Falkland Islands , Tourism Management, Vol 16, No.6. pp.471.
- Nellemann, C., Corcoran, E., Duarte, C.M., Valdes, L., De Young, C., Fonseca, L., Grimsditch, G. (Eds), 2009. Blue carbon. A rapid response assessment, United Nations Environment Programme, GRID-Arendal, [www.grida.no](http://www.grida.no)
- Reise, K., 2001. Ecological comparisons of sedimentary shores. Ecological studies, Vol. 151. Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- WOO,H.J. & Je, J. G. 2002. Changes of sedimentary environments in the southern tidal flat of Kamghwa Island. Ocean and Polar Research 24(4), pp.331-343.
- Zedler, 1996. Ecological issues in wetland mitigation; an introduction to the forum. Ecol. Appl., 6. pp.33-37.