

참전복, *Haliotis discus hannai*의 폐사 및 글리코겐 함량에 미치는 부유토사의 영향

이경선*

* 목포해양대학교 해양시스템공학부

The Effects of Suspended Solids on the Mortality and the Glycogen Content of Abalone, *Haliotis discus hannai*

Kyoung-Seon Lee*

* Faculty of Ocean System Engineering, Mokpo National Maritime University, Mokpo, 530-729, Korea

요 약 : 연안개발에 의하여 해양으로 유입되는 부유토사는 해양생태계에 많은 영향을 미칠 것으로 판단된다. 따라서 본 연구에서는 참전복, *Haliotis discus hannai* 치패를 이용하여 부유토사 농도 변화에 따른 폐사율 및 글리코겐 함량 변화에 대해 알아보았다. 0~2,000 mg/L의 부유토사 농도구에서 96시간 동안 노출을 행한 결과 전복의 폐사는 일어나지 않았으나 연체부의 글리코겐 함량에 있어서는 1,500 mg/L 이상의 농도구에서 유의하게 감소하였다. 본 연구결과로부터 부유토사가 전복의 폐사에는 직접적인 영향을 미치지 않는 것으로 보이나 부유토사에 의하여 건강상 장애를 일으킬 수 있을 것으로 판단되며 장기적으로 발생할 수 있는 부유토사의 영향을 고려하여 양식장에서의 토사유입을 방지할 수 있는 대비책을 마련해야 할 것이다.

핵심용어 : 연안개발, 부유토사, 참전복, 폐사율, 글리코겐

Abstract : Elevated concentrations of suspended solids in the marine environment caused by coastal developments have threatened to the marine ecosystem. Effects of suspended solids on the mortality and the modifications of glycogen levels of abalone, *Haliotis discus hannai* were studied. Abalone were exposed to suspended solids with concentrations of 0 (control), 1,000, 1,500 and 2,000 mg/L for 96h. These suspended solids had no effect on the mortality of abalone. Significant decreases in the glycogen content of soft tissues were observed over 1,500 mg/L concentration of suspended solids. These results suggested that abalone could tolerate a high level of suspended solids. However, it is necessary to observe further the long term effects of suspended solids on the physiological responses of abalone.

Key Words : Coastal developments, Suspended solids, Abalone, Mortality, Glycogen

1. 서 론

연안에서 이루어지고 있는 다양한 개발공사로 인한 연안 해역으로의 토사유입은 어장환경의 변화를 초래하는 주요 요인으로 인식되고 있다(고 등, 1998). 연안에 다량의 토사가 해역으로 유입되어 1000 mg/L 이상의 고농도의 부유토사가 발생되기도 하며, 작은 입자들은 장기간 부유하면서 생물체에 직접적으로 영향을 주게 된다(Chang et al., 1976). 토사유입에 의하여 연안해역의 탁도가 증가하면서 식물플랑크톤과 해조류의 성장이 저해되어 기초생산량이 감소될 수 있다. 여과섭이성 이매패류들은 부유토사 농도가 증가된 환경에서 섭이행동

의 변화를 보이고 여과효율의 감소 및 아가미의 조직손상이 나타나기도 하며, 어패류의 아가미에 부유토사가 흡착되어 호흡장애를 일으키기도 한다(Lee, 1994; Shin et al., 2002). 또한, 부유토사가 저층에 퇴적되면서 저질의 변화를 가져오고 단기간에 이루어지는 토사퇴적으로 인하여 저서생물은 피복 또는 매몰되어 여러 가지 장애를 초래할 위험이 높다(Chang et al., 1983; Thirb and Benson-Evans, 1985).

전남 해남군 화원반도는 대규모의 관광단지 개발공사가 진행 중에 있으며 개발공사에 따른 해양환경 변화 및 해양생물에 대한 피해가 예상된다. 특히 개발공사가 이루어지고 있는 인근해역에는 대규모의 전복 양식장이 위치하고 있어 개발공사에 의하여 유입되는 부유토사에 대한 전복이 받게 되는 영향 정도를 파악하는 것이 중요하다. 그러나 부유토사에 의한

* 대표저자 : 정희원, kslee@mnu.ac.kr, 061-240-7317

전복의 폐사 및 생태생리학적 영향에 대한 연구는 전무하다.

본 연구에서는 개발공사로 인하여 발생하는 부유토사가 전복에 미치는 영향을 규명하여 부유토사에 의한 피해를 예방하고 대책을 마련하는데 기초자료로 사용하고자 하였다. 개발이 진행 중인 지역의 인근해역에 위치한 양식장에서 전복, *Haliotis discus hannai*를 채집하여 부유토사에 대한 폐사율을 측정하였으며 건강도의 지표로 연체부의 글리코겐 함량변화를 분석하였다.

2. 재료 및 방법

2. 1. 실험재료 및 사육조건

전복, *H. hannai*은 전남 해남군 화원면 연안의 전복양식장에서 채집한 후 실험실로 운반하여 일정시간 순치시켰다. 부유토사 노출실험에는 각장 18.42±0.16 mm, 각고 12.93±0.13 mm, 체중 0.66±0.20 g의 전복 치패를 사용하였으며, 실험 중에는 먹이를 공급하지 않았다.

2. 2. 부유토사노출실험

부유토사 노출실험은 온도가 일정하게 유지되는 항온실에서 실시하면서 부유토사에 대한 전복의 급성영향을 알아보았다. 부유토사농도는 0 mg/L(대조구), 1,000 mg/L, 1,500 mg/L 및 2,000 mg/L로 대조구를 포함하여 4개 실험구를 설정하고 96시간 노출실험을 행하였다. 사용한 토사는 인근지역에서 채취한 황토를 증류수에 현탁시켜 체(mesh size: 63 μm)로 거른 뒤 80℃ 건조기에서 건조한 후 분쇄하여 다시 63 μm 체로 거른 후 사용하였다. 수조에서 토사가 잘 부유되도록 하기 위하여 수조 아래 부분에 에어스톤을 장착한 수조장치를 제작하여 사용하였으며(수조용량 1.5 L, Fig. 1-1) 정치식으로 실험하였다.

각 실험구에는 3개의 반복 실험조를 두었으며(Fig. 1-2), 각 수조에 전복 5개체씩을 넣고 96시간 동안 노출실험을 행하면서 경과시간에 따른 폐사경향을 파악하였다. 개체의 폐사정도는 수조 부착능력이 없고, 유리병으로 발과 촉수를 자극하여도 반응이 없는 개체로 판단하였다. 기포량을 조절하여 토사가 일정하게 부유되고, 용존산소가 포화되도록 하였다. 총 부유토사 노출실험은 3회 실시하였다(n=45/각 농도구).

환경수의 수온, 염도, pH, 용존산소, 탁도는 매일 1회 측정을 행하였으며, 탁도 및 염도는 수질분석기(YSI 6600, USA), 용존산소는 DO 미터(YSI, USA), pH는 pH meter (ORION 250A, USA)를 사용하였다.

2. 3. 글리코겐 함량 측정

부유토사 노출실험 종료 후 개체의 생체량을 측정하고 연체부의 글리코겐 함량을 측정하였다. 글리코겐 함량의 측정은 안스론법(Cicik and Engin, 2005)으로 행하였다. 전복치패의

연체부를 취한 뒤 여지로 체액을 제거한다. 근육을 균일하게 마쇄한 뒤 0.5~1 g 무게를 달아 시험관에 넣고 30 % KOH 용액 5 mL를 넣는다. 시험관을 20분간 끓인 후 포화 Na₂SO₄ 용액 0.5 mL와 에탄올(95%-pure) 5 mL를 넣은 뒤 다시 15분간 가열한다. 방냉 후 3500 rpm에서 10분간 원심분리시킨 후 상등액을 버린다. 침전물에 2 mL 증류수를 넣고 2.5 mL 에탄올을 첨가한 뒤 3500 rpm에서 10분간 원심분리 후 상등액을 버린다. 침전물에 5M-HCl 2 mL를 넣어 충분히 녹인 후 0.5M-NaOH를 넣어 중화시키고 증류수로 최종 50 mL로 정용한다. 이액을 글리코겐 검액으로 한다. 글리코겐 검액 및 글루코스 표준용액을 5 mL 시험관에 취한 뒤 안스론시약(0.2 g 안스론/100 mL · 95% 황산) 10 mL를 가한다. 시험관을 교반한 뒤 10분간 가열한 후 충분히 냉각시키고 나서 파장 620 nm에서 흡광도를 측정하여 글리코겐함량을 결정한다. 글리코겐 함량 값은 전복의 단위체중으로 환산하여 나타내었다.

2. 4. 통계처리

각 실험결과는 평균±표준편차로 표시하였고, 측정값의 유의성 검정은 SigmaStat 통계 패키지(Version 3.5)을 사용하여 95% 신뢰수준에서 ANOVA와 Duncan multiple range test로 실시하였다.

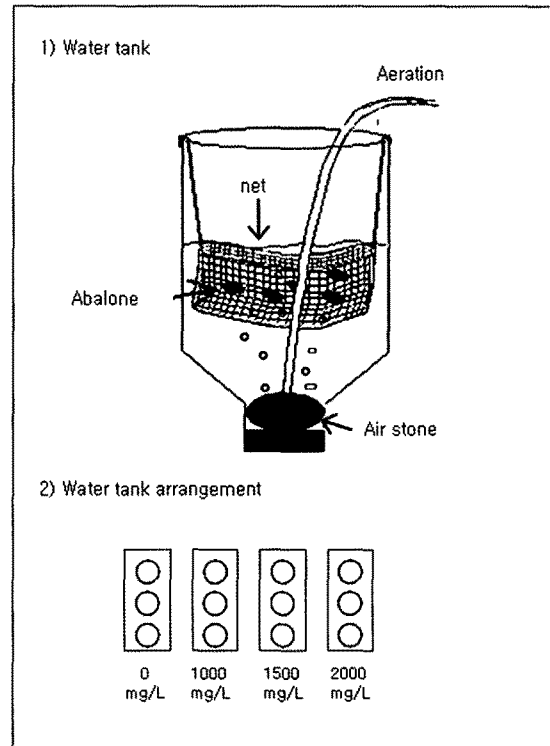


Fig. 1. Diagram of water tank(1) and arrangement of water tank in experimental group(2).

Table 1. Mortality (%) of abalone exposed to different concentrations of suspended solids for 96 hours

suspended solids (mg/L)	Water quality					Mortality (%)
	Temp.(°C)	Sal.(psu)	DO(mg/L)	pH	Turbidity(NTU)	
0	19.8±0.2	31.2±0.6	6.88±0.08	8.15±0.01	3.3±0.5	0
1000	19.7±0.1	30.7±0.6	6.72±0.09	8.09±0.01	356.6±24.5	0
1500	19.7±0.1	31.2±0.6	6.76±0.10	8.08±0.00	611.3±31.0	0
2000	19.7±0.1	31.2±0.6	6.70±0.09	8.07±0.01	866.6±34.6	0

*Values are mean±standard deviation.

3. 결과 및 고찰

전복의 부유토사 노출실험에 사용한 환경수는 수온 19.7±0.2°C, 염도 31.1 ±0.7 psu, DO 6.76±0.13 mg/L, pH 8.10±0.03로 일정하게 유지되었으며, 탁도는 대조구(0 mg/L)에서 3.3±0.5 NTU, 1000 mg/L 실험구에서 356.6±24.5 NTU, 1500 mg/L 실험구에서 611.3±31.0 NTU, 2000 mg/L 실험구에서 866.6±34.6 NTU를 나타내었고 시간 경과에 따라 실험 개시일과 비교하여 일부 감소하는 경향이 있었다(Table 1). 부유토사 노출실험은 토사를 일정하게 부유시키고 농도를 일정하게 유지하는데 많은 문제점을 가지고 있다. 본 연구에서는 수조 아래 부분에 에어스톤을 부착하여 에어레이션에 의하여 부유토사가 일정하게 부유되도록 하였으나 시간이 경과되면서 미세한 토사입자들이 수조벽면에 부착되고 생물들에게 흡착되면서 농도감소는 불가피하게 발생하여 노출실험 종료 후 부유토사 농도가 실험 개시 때보다 감소하였다.

전복치패를 96시간 동안 부유토사에 노출시키는 동안 전체 농도구에서 폐사는 일어나지 않았다. 연체부의 글리코젠 함량을 table 2에 나타내었는데 부유토사 0, 1000, 1500 및 2000 mg/L에서 각각 58.72±10.671, 63.26±8.16, 40.71±14.66 및 41.12±7.55 mg/g으로 부유토사농도 1500, 2000 mg/L의 실험구에서의 글리코젠함량은 대조구와 비교하여 유의하게 감소하였다(Table. 2).

Table 2. Glycogen level in the muscle tissue of treated abalone

suspended solids (mg/L)	0	1,000	1,500	2,000
glycogen (mg/g)	58.72 ±10.67 ^a	63.26 ±8.16 ^a	40.71 ±14.66 ^b	41.12 ±7.55 ^b

*Values are mean±standard deviation and different letters in the same row denote significant differences for control(p<0.05).

토사는 해양에 유입되면서 부유물질의 농도가 증가하게 되고 작은 입자크기의 토사들이 일정기간 부유하게 되며 이러한 환경에서 서식하는 생물들은 일차생산력이 저하되고 아가미에 미세 토사입자가 부착하여 호흡장애를 일으키기도 하고, 또한 여과식자의 아가미가 막혀 섭식활동을 하지 못한 결과 폐사에 이르기기도 한다(Lee, 1994; Shin et al., 2002). 부유토사에 의한 이매패류의 생리적 저해현상을 살펴보면, 부유토사농도의 증가에 따라 여과율의 저하(Bricelj and Malouf, 1984; Ward and MacDonald, 1996), 산소소비를 (Grant and Thorpe, 1991; MacDonald et al., 1998) 및 성장(Bricelj et al., 1984; MacDonald et al., 1998)이 저하되었다는 보고도 있다. 본 연구에서는 전복을 대상으로 하여 토사의 영향을 살펴본 결과 전복은 2,000 mg/L의 부유토사농도에서 96시간의 노출에 대해서도 폐사가 나타나지 않은 것으로 보아 부유토사에 대한 내성이 강한 것으로 보인다. 본 연구에서 설정한 2,000 mg/L의 부유토사 농도는 해양으로 대량의 토사가 유입될 경우 일시적으로 나타나는 경우를 제외하고는 해양에서는 거의 발생되지 않는 고농도 환경이다. 그러나 Chang and Chin(1978)에 의하면 백합 *Meretrix lusoria*, 가무락 *Cyclina sinensis*, 동죽 *Macrta veneriformis*을 1,000 mg/L의 부유토사 농도에 24시간 노출 시킨 후 정상해수에 옮겨서 장시간 사육함에 따라 폐사가 일어나기 시작했다(백합; 45일, 가무락; 35일, 동죽; 35일) 노출농도가 높고 노출시간이 길수록 폐사율이 높았다. 한편, 녹색담치 (*Perna viridis*)의 경우 비교적 부유토사에 강한 내성을 보이고 있어 1,200 mg/L의 부유토사농도에서 96시간의 노출에도 폐사하는 않았지만 부유토사농도 증가에 따라 아가미조직 손상도가 증가하며 그 결과 여과율의 감소를 나타낸다고 보고하였다(Shin et al., 2002). 또한 Cheung and Shin(2005)에 의하면 250, 500, 750 및 1,000 mg/L의 부유토사농도에서 14일 동안 노출시킨 녹색담치의 아가미가 부유토사 농도증가에 따라 새변의 손상도가 증가하였으며 깨끗한 환경수로 치환하여도 손상된 조직은 회복되지 않았다. 이러한 결과는 부유토사 자체가 개체의 폐사는 일으키지 않지만 조직학적 손상을 일으켜 그 결과 섭이율, 호흡 등에 영향을 미치게 되고 장기적으로 노출되었을 경우에는 성장에도 영향을 미칠 수 있다는

것을 의미한다. 비록 여과섭이성 이때패류는 부유토사에 민감한 것으로 알려져 있지만 다른 수중 아가미성 호흡 생물들도 부유토사에 노출된 후 환경이 회복되더라도 아가미의 조직손상 등 영향이 지속되어 결국 폐사에 까지 이를 수 있을 것으로 생각된다.

한편, 바지락의 경우 20℃에서는 부유토사 100 ppm의 농도에서 15일간 노출에 대해서도 폐사하지 않은 반면 25℃에서는 40 ppm과 50 ppm 농도에서 7일 이후 누적폐사율 100%, 30℃의 경우에는 0~50 ppm 농도에서 실험 8일까지 누적 폐사율 100%를 보여 온도상승에 의하여 부유토사에 더욱 민감한 경향을 나타내었다(조, 2004). 따라서 이러한 결과는 연안 공사 주변에 설치된 가두리 양식장에 여름철 장마기에 다량의 토사가 유입되고 고수온이 형성되면 양식생물들은 토사에 의하여 받게 되는 영향이 더욱 민감해질 수 있으므로 이에 대한 고려가 함께 이루어져야 할 것으로 보인다.

어류나 패류와 같은 해양생물에 있어 탄수화물은 근육이나 간조직에 글리코겐 형태로 저장되었다가 에너지로 공급된다. 따라서 글리코겐 함량을 측정하여 어패류의 에너지 저장 상태를 예측할 수 있다. 또한 먹이가 부족한 상태 혹은 환경스트레스에 의해 많은 에너지를 필요로 하게 되면 글리코겐을 이용하여 사용하게 되므로 장기간 지속되는 환경스트레스에 의해 어류는 적응력이 저하되고 건강도가 떨어지며 건강도의 저하는 간 글리코겐 함량의 감소를 초래하므로 글리코겐을 분석하는 방법으로 건강도를 예측하기도 한다(Chellappa et al., 1995).

피조개의 경우 글리코겐 함량에 있어 성숙기 및 산란기인 5~10월에 글리코겐 함량이 최저로 떨어져 산란기에 1.00~7.48 mg/g, 비산란기에 8.85~14.38 mg/g를 나타내고 있다(Park et al., 1998). 또한 굴은 0.13~23.86 mg/gDW로 보고하고 있다(Littlewood and Gordon., 1988). 패류의 글리코겐 함량은 섭취한 먹이를 체내에서 대사하여 개체의 유지, 성장, 성숙, 에너지 저장 등에 이용하므로 먹이 조건이 양호한 경우 섭취된 에너지는 성장과 글리코겐 축적에 사용되며, 반대로 먹이 조건이 나쁜 경우에는 성장도 정체되며 글리코겐도 개체의 유지에 필요한 대사 활동에 사용되어 감소하는 것으로 보고되어 있다(Littlewood and Gordon, 1988; Mason and Nell, 1995).

본 연구에서 부유토사 영향실험에 사용한 전복 연체부의 글리코겐 함량은 0~2,000 mg/L 구간에서 40.71~63.26 mg/g를 나타냈으며, 대조구와 비교하여 1,500 mg/L 및 2,000 mg/L의 부유토사 농도구에서 유의한 차이를 보였다. 이러한 결과는 고농도의 부유토사 노출이 전복에 스트레스로 작용하여 연체부의 글리코겐 분해를 촉진시킨 것으로 보인다.高山(Takayama) 등(1994)에 의하면 장기간의 장마에 의하여 토사가 유입되어 환경수의 염도가 낮아지고 탁도가 높아진 결과 1차생산력의 저하로 먹이가 감소되고 그 결과 바지락 근육의 글리코겐 함량이 감소되었다. 한편 글리코겐 함량변화는 생물간, 오염정도, 노출기간 등에 의하여 다르겠지만 어

류에 있어서 증금속에 의하여 근육이나 간조직의 글리코겐함량이 감소된다는 보고가 있다(뱀장어 *Anguilla rostrata*; Richard et al., 1998, 잉어 *Cyprinus carpio*; Cicik and Engin, 2005). 복족류인 *Biomphalaria glabrata*는 카드뮴, 납, 비소와 같은 중금속에 48시간 노출 후 24시간 회복시키는 실험에서 폐 및 소화샘과 같은 기관에서 글리코겐 함량이 감소하였으며 증금속이 유의하게 축적되었다(Ansaldo et al., 2006). 또한 이때패류에 있어서는 카드뮴 노출에 의하여 연체부 글리코겐 함량이 감소되었다(Devi, 1996). 따라서 환경적 스트레스에 노출된 생물체의 글리코겐 분석은 생물이 환경적 스트레스에 대한 건강도를 판단하는데 용이하며, 본 연구에서 사용한 전복의 경우에도 부유토사 노출 후 글리코겐 함량이 감소한 것은 부유토사에 의한 영향이 주된 원인이라고 볼 수 있다.

4. 결 론

참전복, *H. discus hannai*를 대상으로 하여 해양에 유입되는 토사의 영향에 대해서 알아보기 위하여 폐사율 및 연체부의 글리코겐을 분석하였다. 본 연구에서 부유토사에 의한 전복의 폐사는 발생하지 않았지만, 글리코겐 함량에 있어서는 1,500 mg/L 이상의 농도에서 유의하게 감소하는 경향이 있었다. 따라서 본 연구 결과 부유토사 노출에 의하여 전복은 직접적으로 폐사하지는 않았다. 그러나 부유토사 노출에 의하여 건강상 장애를 일으킬 수 있을 것으로 판단되며 장기적으로 발생할 수 있는 부유토사의 영향을 고려하여 양식장으로의 토사유입을 방지할 수 있는 대비책을 마련해야 할 것이다.

참 고 문 헌

- [1] 고철환, 박철, 유신재, 이태원, 장창익, 최중기, 홍제상, 허형택(1998). 해양생물학, 서울대학교출판부, pp. 558-559.
- [2] 조영민(2004), SS농도변화에 따른 바지락(*Ruditapes philippinarum*; Bivalvia)의 여과율 변동. 여수대학교 대학원 석사논문, pp. 18-22.
- [3] 高山久明, 西ノ道英之, 吉田範秋(1994), 海洋觀測關係, 雲仙普賢岳火山活動の水産業に及ぼす影響調査研究, 平成五年度現地報告會, pp. 1-4.
- [4] Ansaldo M., D. E. Nahabedian, E. Holmes-Brown, M. Agote, C. V. Ansay, N. R. V. Guerrero, E. A. Wider (2006), Potential use of glycogen level as biomarker of chemical stress in *Biomphalaria glabrata*. Toxicology, Vol. 224, pp. 119-127.
- [5] Bricelj, V. M. and R. E. Malouf(1984), Influence of algal and suspended sediment concentrations on the feeding physiology of the hard clam *Mercenaria mercenaria*. Marine Biology, Vol. 84, pp. 155-165.

- [6] Bricelj, V. M., R. E. Malouf and C. de Quillfeldt(1984), Growth of juvenile *Mercenaria mercenaria* and the effect of resuspended bottom sediments. Marine Biology, Vol. 84, pp. 167-173.
- [7] Chang, S. D., P. Chin and B. O. Sung(1976), Effect of silt and salinity of the mortality of *Meretrix lusoria* (Roding). Bulletin of the Korean Fisheries Society, Vol. 9, No. 1, pp. 69-73.
- [8] Chang, S. D. and P. Chin(1978), Effects of suspended silt and clay on the mortality of some species of bivalves. Bulletin of the Korean Fisheries Society, Vol. 11, No. 4, pp. 227-231.
- [9] Chang, S. D., P. Chin and K. Y. Park(1983), Effects of temperature, salinity, and silt and clay on the rate of photosynthesis of laver, *Porphyra yezoensis*, Bulletin of the Korean Fisheries Society, Vol. 16, No. 4, pp. 335-340.
- [10] Cheung, S. G. and P. K. S. Shin(2005), Size effects of suspended particles on gill damage in green-lipped mussel *Perna viridis*. Marine Pollution Bulletin, Vol. 51, pp. 801-810.
- [11] Chellappa, S., F. A. Huntingford, R. H. C. Strang, and R. Y. Thomson(1995), Condition factor and hepatosomatic index as estimates of energy status in male three-spined stickleback. Journal of Fish Biology, Vol. 47, pp. 775-787.
- [12] Cicik, B., and K. Engin(2005), The effects of cadmium on levels of glucose in serum and glycogen reserves in the liver and muscle tissues of *Cyprinus carpio* (L., 1758). Turk Journal of Veterinary Animal Science. Vol. 29, pp. 113-117.
- [13] Devi, V. U.(1996), Bioaccumulation and metabolic effects of cadmium on marine fouling bivalve, *Mytilopsis sallei*, Archives Environmental Contamination and Toxicology, Vol. 31, pp. 47-53.
- [14] Grant, J. and B. Thorpe(1991), Effects of suspended sediment on growth, respiration, and excretion of the soft-shell clam (*Mya arenaria*). Canadian Journal of Fisheries Aquaculture Society, Vol. 48, pp. 1285-1292.
- [15] Lee, J. Y.(1994), Effects of silt and clay on the rates of respiration, filtration and nitrogen excretion in shellfish, *Macra veneriformis*. Bulletin of the Korean Fisheries Society, Vol. 27, No. 1, pp. 59-68.
- [16] Littlewood, D. T. J. and C. M. Gordon(1988), Sex ratio, condition and glycogen content of raft cultivated mangrove oysters *Grassostrea rhizophorae*. Journal of Shellfish Research, Vol. 7, No. 3, pp. 395-399.
- [17] MacDonald, B. A., G. S. Bacon and J. E. Ward(1998), Physiological response of infaunal (*Mya arenaria*) and epifaunal (*Placopecten magellanicus*) bivalves to variations in the concentration and quality of suspended particles II. Absorption efficiency and scope of growth. Journal of Experiment Marine Biology and Ecology, Vol. 219, pp. 127-141.
- [18] Mason, C. J. and J. A. Nell(1995), Condition index and chemical composition of meats of sydney rock oysters (*Saccostrea commercialis*) and Pacific oysters (*Crassostrea gigas*) at four sites in Port Stephens. NSW. Marine Feshwater Research, Vol. 46, No. 5, pp. 873-881.
- [19] Park, M. S., H. J. Lim and P. J. Kim(1998), Effect of environmental factors on the growth, glycogen and hemoglobin content of cultured arkshell, *Scapharca broughtonii*. Journal of Korean Fisheries Society, Vol. 31, No. 2, pp. 176-185.
- [20] Richard, A. C., C. Daniel, P. Anderson and A. Hontela(1998), Effects of subchronic exposure to cadmium chloride on endocrine and metabolic functions in rainbow trout *Oncorhynchus mykiss*. Archives of Environmental Contamination and Toxicology, Vol. 34, pp. 377-381.
- [21] Shin, P. K. S., F. N. Yau, S. H. Chow, K. K. Tai and S. G. Cheung(2002), Responses of the green-lipped mussel *Perna viridis* (L.) to suspended solids. Marine Pollution of Bulletin, Vol. 45, pp. 157-162.
- [22] Thirb, H. H. and K. Benson-Evans(1985), The effect of water temperature, current velocity and suspended solids on the distribution, growth and seasonality of *Lemanea fluviatilis* (C. Ag.), Rhodophyta, in the River Usk and other South Wales rivers. Hydrobiologia, Vol. 127, pp. 63-78.
- [23] Ward, J. E. and B. A. MacDonald(1996), Pre-ingestive feeding behaviours of two sub-tropical bivalves (*Princtada imbricata* and *Arca zebra*): Responses to an acute increase in suspended sediment concentration. Bulletin of Marine Science, Vol. 59, pp. 417-432.

원고접수일 : 2008년 06월 12일

원고수정일 : 2008년 09월 02일

게재확정일 : 2008년 09월 23일