

전복, *Nordotis discus*의 호흡과 폐사에 미치는 부니의 영향

정 의 영 · 신 윤 경* · 이 주 하**

군산대학교 해양개발학과, 부산수산대학교 해양생물학과*, 전주대학교 생물학과**

= Abstract =

Effects of Silt and Clay on Respiration and Mortality of the Abalone, *Nordotis discus*

Ee-Yung Chung, Yun-Kyong Shin* and Ju-Ha Lee**

Department of Marine Development, Kunsan National University, Kunsan 573-360, Korea

*Department of Marine Biology, National Fisheries University of Pusan, Pusan 608-737, Korea

**Department of Biology, Jeonju University, Jeonju 560-759, Korea

Effects of suspended silt and clay on respiration rate and mortality in *Nordotis discus* were investigated at 10°C and 20°C of sea water temperatures. Oxygen consumption rates of the shells were generally higher at high temperature and high salinity especially, in small size. Temperature coefficient (Q_{10}) ranges of the abalone were 1.2~2.9 in small size and 1.5~3.4 in large size, but there was no significant relationship between individual sizes.

The high mortality of the abalone was shown in small sizes, at 1000 ppm of suspended silt and clay at 20°C, and the lowest mortality was shown in large sizes at 50 ppm of silt and clay at 20°C in 96 hours after treatment. The 96 hr-LC₅₀ for large- and small-sized shells were 1076.58 ppm, 812.55 ppm at 10°C, and 698.28 ppm, 546.74 ppm at 20°C, respectively.

Oxygen consumptions caused by effect of suspended silt and clay at 20°C were higher than those of 10°C without any relation to individual sizes, and generally decreased over 70% of oxygen consumption rates in 1000 ppm of the 96 hr-silt and clay concentration.

緒 論

해양에 배출된 폐기퇴적물은 쉽게 부유하고 확산됨에 따라 태양광선의 투과를 방해하여 광합성에 지대한 영향을 미칠 뿐만 아니라 그 성분중 일부중금속은 해양생물에 독성을 미친다. 특히 해수 중에 浮泥가 많아지면 패류의 폐각 개폐운동이 저하되고 해양생물의 호흡작용 및 여수작용등의 대사저해와 생존에 크게 영

향을 미친다고 알려져 있다(香川水試, 1974; 愛媛水試, 1974, 1975).

최근 우리나라 친해역은 공업단지 조성등의 해양토목공사로 인해서 특히, 현탁부니가 발생하여 인근 양식생물에게 피해를 주고 있어 문제가 발생되고 있는데, 이러한 현탁부니는 여과 섭이형의 패류에게는 저해성이 높아 패류의 서식생태에 있어서 주요한 환경오탁인자의 하나로서 간주되고 있다.

지금까지 각종 패류의 폐사에 관한 연구로는 중금속

과 원유의 영향에 대한 보고(Kunio 1987, Elliot *et al.*, 1985, Bori and Allen, 1983)등 다수가 있으나, 부니의 영향에 대하여는 소수의 연구보고가 있을 뿐이다(李, 1969; 張·陳, 1978; 柳等, 1975).

또한, 본 실험재료인 전복, *Nordotis discus*에 관한 보고는 산업적으로 매우 중요한 종인 관계로 분류, 발생, 식성, 성장 및 종묘생산등의 기초생물학을 바탕으로 한 양식에 관한 많은 연구(Junichiro and Koichi, 1971; 李, 1974)가 이루어져 있는 반면, 생리학적 연구 및 폐사에 관한 연구는 *Haliotis*屬 몇 종에 관한 소수의 연구(Nagahisa and Kikuchi, 1975; Peck *et al.*, 1987)가 보고 되어 있을 뿐 아주 미흡한 실정이다. 따라서 本 研究는 양식패류인 전복을 사용하여 96시간동안 浮泥의 농도에 따른 생존율과 대사능(산소소비율(QO₂)과 온도계수(Q₁₀)을 검사하여 浮泥가 실험동물의 호흡과 폐사에 미치는 영향을 규명하기 위하여 조사하였던바 이들 양식 생물의 생리생태에 관한 기초자료를 얻었기에 보고 한다.

材料 및 方法

실험에 사용한 전복, *Nordotis discus*은 1990년 2월부터 1991년 1월사이에 전복 부안 종묘배양장에서 사육중인 것 중 오염이 안된 것으로 인정되는 개체들만을 선택한 후 즉시 실험실로 운반하여 대형수조에서 사육 적응시켰으며, 먹이로는 미역, 갈파래 등 해조류를 공급하였다.

현탁부니를 만들기 위한 沙泥質의 底質標品도 동일 장소에서 채취하여 온 것을 사용하였다. 실험방법은 작은개체의 경우 평균각장은, 2~2.5 cm, 큰개체인 경우는 4~5 cm범위의 개체를 선별하여 현탁부니 해수(50, 200, 600, 1000 ppm)를 담은 사육수조에 넣었다.

사육수조의 水量 및 實驗個體數는 稚貝의 경우 30 l에 30마리, 成貝는 50 l에 30마리씩 실험기간동안 각 농도의 부니 해수에 넣고 실험 하였다.

실험수온은 자동 thermostat로 조절하여, 10 ± 1°C와 20 ± 1°C로 하였다. 각 실험농도 별로 그 수량의 半을 매일 교환하였고, 통기와 아울러 교환을 수시로 하여 부니의 현탁상태를 계속 유지시키면서 생존율을 조사하여 반치사농도를 구하였다. 한편, 계속해서

부니에 지속 침적시킨 각 실험군에서 폐사가 어느정도 일어나고 있는 수조에서 생존개체를 취해서 산소검량기(YSI, 53型)를 사용하여 산소소비량(QO₂)을 측정하여 單位乾重에 대한 단위시간당 산소소비량(ml/g dry wt./hr.)으로서 浮泥의 영향으로 인한 생리적 활성정도를 측정하였다. 또한 동물의 대사율(산소소비율)에 미치는 온도의 영향을 알아보기위해 Q₁₀(온도계수)을 구하였는데, Q₁₀값은

$$Q_{10} = \left(\frac{R_2}{R_1} \right)^{\frac{10}{T_2 - T_1}}$$

식에 의해 구하였다.

(T₁: 처음온도, T₂: 나중온도, R₁: T₁에서의 대사율, R₂: T₂에서의 대사율)

結果 및 考察

1. 호흡의 일반적 경향

전복 殼長 2.0~2.5 cm 범위의 작은 개체와 4~5 cm 범위의 큰개체에서 수온과 염분의 변화에 따른 산소소비율의 변동경향은 Table 1과 Fig. 1에 나타난 바와 같다.

수온-염분별 산소소비율은 고온-고염분 실험구의 경우 작은개체에서 높게 나타났다. 그리고 모든 수온구에서 염분의 감소에 따라 개체크기에 관계없이 감소하는 경향을 보였는데(Fig. 1), 대체로 작은개체에서 감소하는 경향이 더욱 뚜렷하였다.

염분별 두 수온간의 온도계수(Q₁₀)는 종패의 경우

Table 1. Oxygen consumption rates and Q₁₀ values of *Nordotis discus* by temperature and salinity

Animal size	Sal. (‰)	Oxygen conc.(QO ₂) at temp.			Q ₁₀ 10~20°C
		10°C	15°C	20°C	
Small size	32	0.388	0.540	0.899	2.3
	26	0.223	0.142	0.345	1.5
	19	0.193	0.130	0.233	1.2
	13	0.130	0.096	0.185	1.4
	7	0.045	0.053	0.132	2.9
Large size	32	0.086	0.137	0.293	3.4
	26	0.069	0.96	0.148	1.5
	19	0.039	0.51	0.070	1.7
	13	0.014	0.26	0.061	2.1
	7	0.015	0.015	0.045	3.0

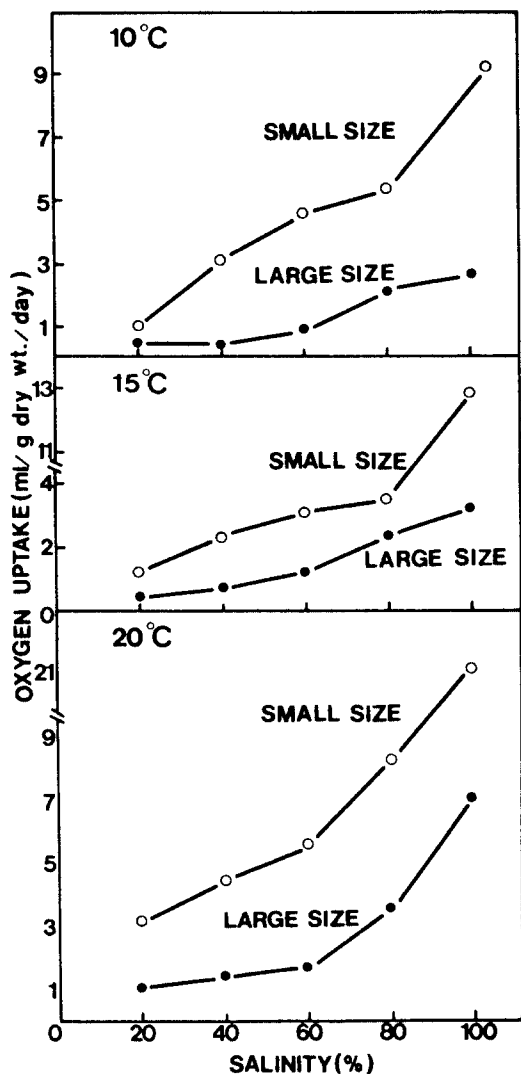


Fig. 1. Changes in oxygen consumption rates of *Nordotis discus* by temperature and salinity.

1.2~2.9이었고, 큰개체에서는 1.5~3.4의 범위를 나타내었는데 큰개체의 경우 고수온-고염분에서의 온도계수가 3.4로 다소 높은 값을 보인 것을 제외하고는 대체로 유사한 경향을 보였다(Table 1).

浮永 菊地(1975)는 전복의 산소소비량과 온도의 관계는 온도의 상승에 따라 산소소비량이 증가하는데, 일본산 전복의 대사기능의 생리적 굴곡점은 20~24°C

Table 2. Mortality of *Nordotis discus* according to their sizes, water temperatures and concentrations of suspended silt and clay

Temp. (°C)	Animal size	Test Conc. (ppm)	Mortality (%)	96hr-LC ₅₀ (ppm)	
10	Small size	50	5.0	812.55	
		200	12.5		
		600	40.0		
		1000	62.5		
	Large size	50	2.5	1076.58	
		200	10.0		
		600	27.5		
		1000	45.0		
	20	Small size	50	7.5	546.74
			200	30.0	
			600	57.5	
			1000	82.5	
Large size		50	0.0	698.28	
		200	15.0		
		600	40.0		
		1000	75.0		

의 범위로서 24°C이상에서는 산소소비량이 증가하지 않는다고 보고 하였다. 본 실험에서는 주로 온도, 염분 등에 따른 산소소비량과 폐사율에 관해 조사를 하였기 때문에 24°C이상의 고온에서는 실험을 하지 않았으나 그밖의 결과들은 상기의 결과와 유사한 경향을 보였다.

본 실험에서 전복의 수온-염분별 산소소비율이 개체 크기에 관계없이 고온, 저염분실험구에서 보다 고온-고염분실험구에서 높게 나타난 것은 수온과 염분의 복합작용에 의한 결과라고 생각되며, 또한 10°C의 저온-저염분의 경우도 마찬가지로 보여진다. 또한 큰개체에 비해 작은개체에서 산소소비율이 현저하게 감소한 것은 개체크기가 작은 것의 대사활성이 더 높음에 기인한 결과라고 생각된다.

그러므로 전복의 수온-염분별 산소소비율에 대한 이러한 결과는 수온과 염분의 상호작용에 대한 반응성을 나타내므로서 환경변화에 대한 생리적 전략으로 이용하고 있는 것으로 여겨진다.

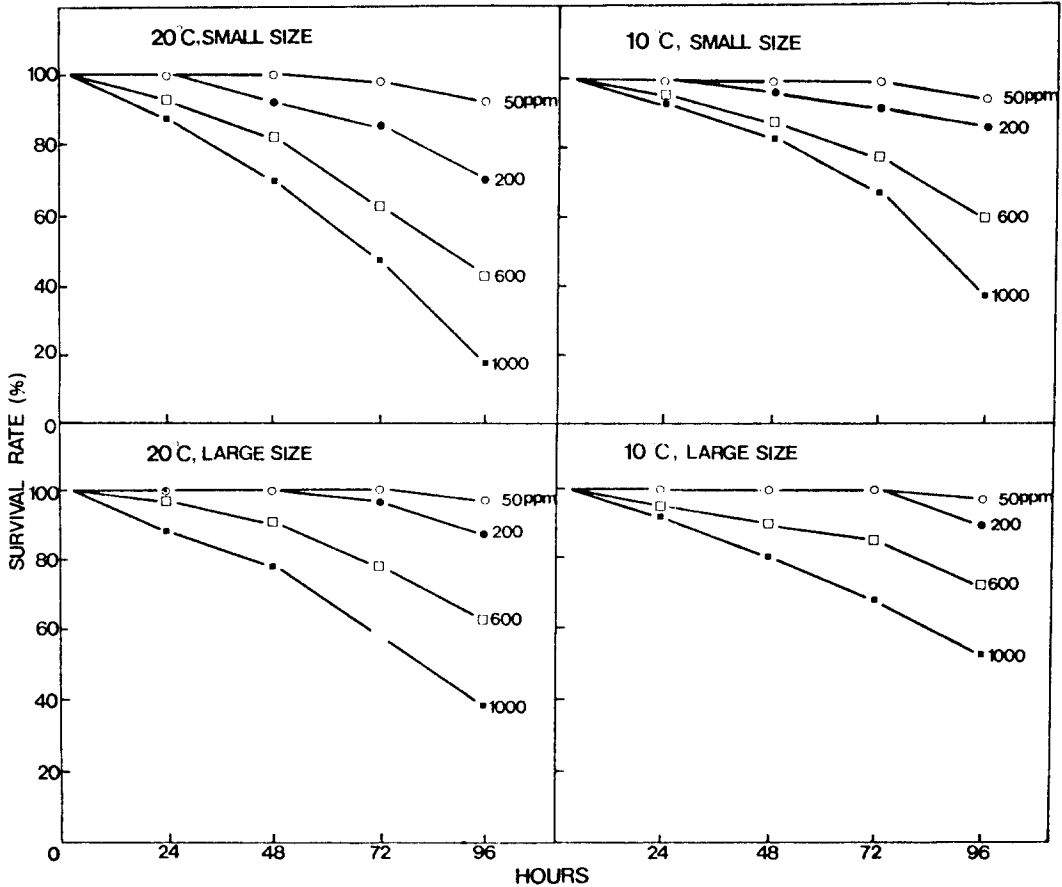


Fig. 2. Effects on survival rates of *Nordotis discus* by size, temperature and concentration of suspended silt and clay for 96 hours.

2. 부니에 의한 영향

전복에 미치는 부니의 영향은 96시간 후 농도에 따른 사망율과 반치사 농도(LC₅₀)를 Table 2와 Fig. 2, 3에 나타낸 바와 같이, 가장 높은 사망율을 나타낸 것은 20°C에서의 작은개체 실험구로 부니농도 1000 ppm에서 82.5%를 나타내었으며, 가장 낮은 사망율을 나타낸 것은 20°C, 큰개체, 부니농도 50 ppm의 실험구이었다.

일반적으로 부니의 농도가 높고 개체크기가 작을수록 그리고 침적 시간이 길수록 폐사가 빨리 시작되고, 폐사율이 높아져 그 생존율이 급격히 낮아졌다.

20°C에서, 작은개체의 경우, 48시간동안 부니농도

50 ppm에서 100% 생존하였으나 600 ppm에서는 18% 이상 폐사하였다. 1000 ppm에서는 24시간만에 폐사가 시작되어 72시간에 50%가 폐사하였고, 96시간에는 82.5%가 폐사하여 실험구 중에서 가장 높은 폐사율을 나타내었다. 그리고 큰개체의 경우, 600 ppm에서 24시간에 폐사를 보이기 시작하여 96시간에 38%의 폐사율을 보였고, 1000 ppm에서는 48시간에 22%, 96시간에 61%가 폐사하였다(Fig. 2).

한편, 10°C에서는 작은개체와 큰개체 모두 20°C에 비해 낮은 폐사율을 보였는데, 작은개체의 경우 600 ppm부터 폐사를 보이기 시작하여, 48시간에 15%가 폐사하였고, 96시간에 40%가 폐사하였으며, 1000 ppm에서는 48시간에 18%, 96시간에 62.5%가

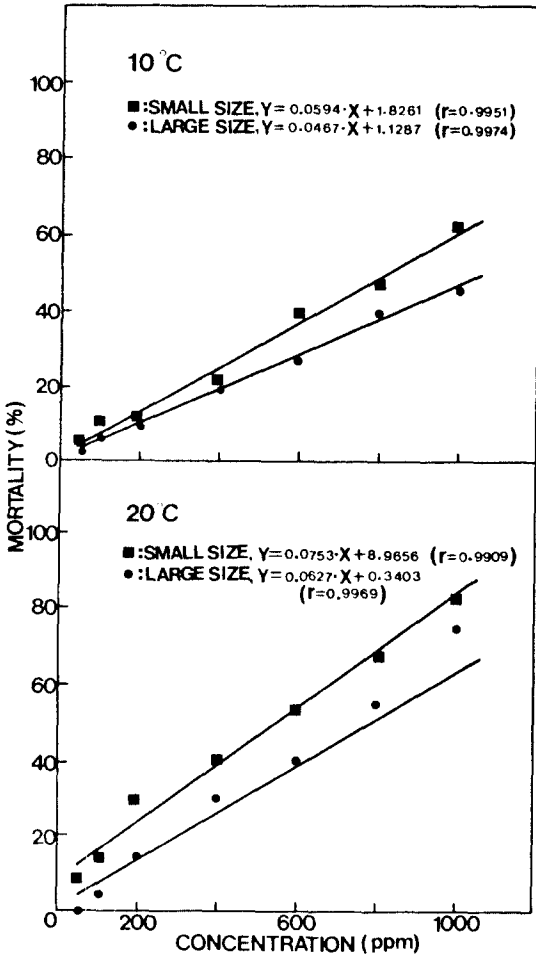


Fig. 3. Effects on mortality of *Nordotis discus* by concentration of suspended silt and clay for 96 hours.

폐사하였다. 또한 큰개체에서는 600 ppm에서 96시간에 27.5%, 1000 ppm에서는 48시간에 20%, 96시간에 45.5%의 폐사율을 보였다(Fig. 2).

전복의 부니농도에 따른 반응과의 관계는 회귀직선식을 구하여 Fig. 2에 나타내었다. 부니의 농도와 사망율과의 관계에서 96시간-반치사농도(96hr-LC₅₀)는 10°C에서 작은개체 실험구들의 경우 812.55 ppm, 큰개체 실험구들은 1076.58 ppm이었으며, 20°C에서는 작은개체 실험구들 546.74 ppm, 큰개체 실험구들 698.28 ppm으로서 20°C의 작은개체의 실험구들에서

가장 크게 영향을 받았으며, 저온에 비해 고온에서 더욱 큰 영향을 받은 것으로 나타났다(Fig. 3).

온도에 따른 부니농도별 96시간 동안 폭로시켜온 실험생물들 중 생존해 있는 것을 사용하여 1시간 동안의 산소소비량을 측정된 결과, Fig. 4와 Table 3에 나타낸 바와 같이, 호흡산소소비량은 개체크기에 관계없이 10°C에 비해 20°C에서 더욱 높았다. 부니의 농도에 의한 영향은 10°C에서는 다소 완만한 감소경향을 보였으나, 20°C의 실험구에서는 개체크기에 관계없이 600 ppm에서 40%이상의 감소를 보이기 시작하여 1000 ppm에서는 70% 이상의 감소율을 나타내었다.

수온과 개체크기별 부니농도에 따른 폐사율은 고온, 작은개체에서 부니의 농도가 증가함에 따라 그리고, 부니에 침적시킨 시간이 길어질수록 폐사율이 증가하였다. 또한 부니농도별 침적시킨 개체의 호흡율도 폐사가 일어나는 경향과 유사하게 저해를 받은 것으로 나타났다. 이러한 현상은 일반 이매패류에서는 貝殼開閉現象과 관련이 있다고 생각되지만 본 실험에 사용한 전복에 있어서는 패각에 둘러있는 호흡공으로 들어간 니질의 저해 현상일 것으로 여겨진다.

柳等(1975)의 백합의 폐사에 관한 보고에 의하면, 砂泥質處理群은 砂質處理群과 마찬가지로 거의 폐사가 일어나지 않으나, 泥質處理群에서는 폐사현상이 현저하다고 보고하였다. 또한 五十嵐(1944)에 의하면 本實驗種인 전복은 퇴적물이 덮이면 단시간내에 죽는다고 보고하였는데 이는 본 실험의 단시간내 부니의 침적에 의한 폐사결과와도 부합된다.

일반적으로 패류는 환경요인의 변화에 따라 호흡능의 변화가 다양하여지며 호흡대사율도 큰 변동을 보이는 것으로 알려져 있다. 또한 호흡대사는 물질대사의 力源의 에너지대사의 주축이라고 할 수 있으므로 호흡산소소비를 측정하여 생리적 기능의 총체적 결과를 추구할 수 있다.

본 실험에서 고온과 부니의 농도증가에 따라 호흡율이 감소하였으며, Q₁₀置도 역시 낮은 점으로 보아 생리기능이 상당히 억제된 것으로 생각된다.

일반적으로 대사억제에 의해 호흡율의 감소가 다소 초래된다고 하더라도 그것이 곧 개체의 처사를 수반할 만큼 급성적인 심각한 영향을 준다고 말하기는 어렵다. 그러나 본 실험에서, 폐사가 일어나는 현상과 비교적 일치하는 호흡율의 저하에 대한 결과는 흡입된 니

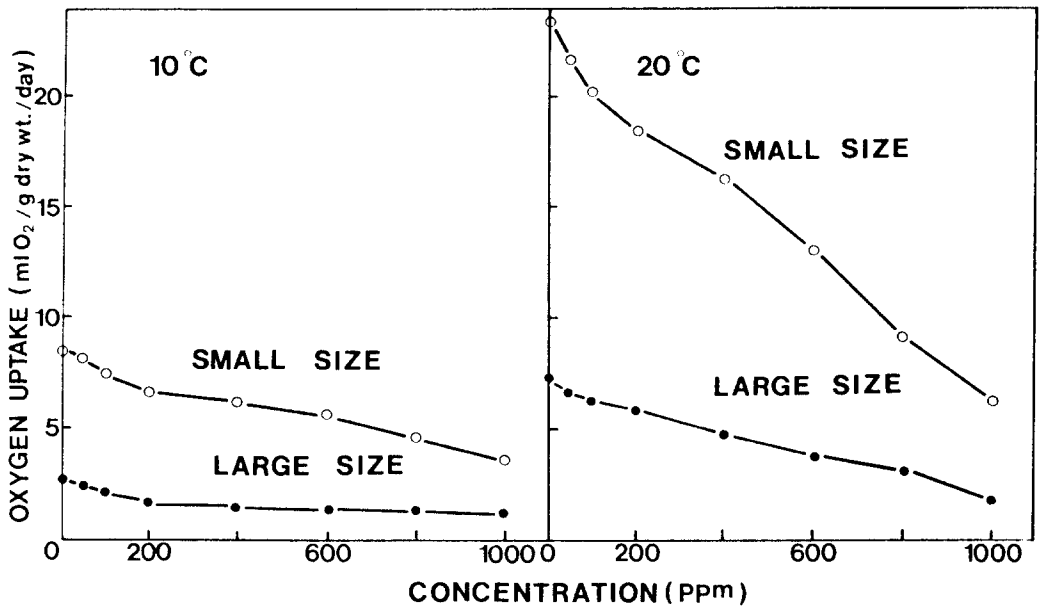


Fig. 4. Effect of suspended silt and clay on the oxygen consumption of *Nordotis discus* for 96 hours.

Table 3. Changes in decrease(%) of respiration rate as compared to control group at different concentrations of suspended silt and clay after 96 hours (ml/g dry wt./hr)

Animal size	Test Conc.(ppm)	Temperature				Q ₁₀ 10~20°C
		10°C		20°C		
		QO ₂	decrease(%)	QO ₂	decrease(%)	
Small size	0	0.344		0.978		2.9
	50	0.315	8.4	0.905	7.5	2.9
	200	0.282	18.0	0.763	22.0	2.7
	600	0.223	35.2	0.545	44.3	2.5
	1000	0.158	54.1	0.259	73.5	1.6
Large size	0	0.099		0.292		2.9
	50	0.096	3.0	0.280	4.1	2.9
	200	0.079	20.2	0.245	16.1	3.0
	600	0.065	34.3	0.163	44.2	2.5
	1000	0.056	43.4	0.079	72.9	1.4

질이 아가미표면에 침착되어 아가미 섬모가 탈리되어 호흡장애가 일어나거나 외투강내에 니질이 침적되므로서, 물의 체내유통을 방해하여 패류의 산소요구를 충족시키지 못하게 하며, 저질에 퇴적된 니질은 環境水 系의 산소 유통에 지장을 초래하여 퇴적물속에서 전복

의 산소결핍이 더욱 심해져서 폐사를 일으킬 우려가 있다. 또한 부니속에 독성물질인 유화물이 다량 함유되어 있는 경우 높은 수온과의 복합작용에 의해서 더욱 폐사가 일어날 것으로 생각된다.

要 約

전복, *Nordotis discus*의 10°C와 20°C의 수온구에서 개체크기별 대사와 폐사에 미치는 부니의 영향에 대한 결과는 다음과 같다.

1. 수온-염분별 산소소비율의 일반적 경향은 고온-고염분에서 큰개체보다는 작은개체에서 그 비율이 높게 나타났다.

2. 염분별 두 수온간의 온도계수(Q₁₀)는 작은개체에서 1.2~2.9의 범위를, 큰개체의 경우 1.5~3.4의 범위를 나타내었으나 개체크기에 관계없이 유사한 양상을 보였다.

3. 부니의 농도별 사망율은 작은 개체의 경우 처리 96시간 후 20°C수온에서 부니 농도 1000ppm에서 가장 높았고, 큰 개체의 경우 부니농도 50ppm에서 가장 낮았다.

4. 96시간-반치사농도(LC₅₀)는 10°C의 경우, 큰개체에서 1076.58 ppm, 작은개체에서 812.55 ppm이었으며, 20°C의 경우는 큰개체에서 698.28 ppm, 작은개체에서 546.74 ppm으로 나타났다.

5. 부니의 영향으로 인한 호흡산소소비량은 개체크기에 관계없이 10°C에서 보다 20°C에서 더욱 높았으며, 1000 ppm에서 70% 이상의 감소율을 나타내었다.

參 考 文 獻

Bori, L.O. and Allen, J.B. (1983) Effects of oiled sediment on the burrowing behaviour of the hard clam, *Mercenaria mercenaria*. *Mar. Envir. Res.*, **9**: 183-193.
 張善德, 陳平 (1978) 二枚 貝類의 斃死에 미치는 懸濁浮泥의 影響. 韓國水産學會誌, **11**(4): 227-231.
 Elliott, N.G., Swain, R. and Ritz, D.A. (1985) The

influence of cyclic exposure on the accumulation of heavy metals by *Mytilus edulis planulatae* (Lamarck). *Marine. Envir. Res.*, **15**: 17-30.
 李定宰 (1969) 大蛤 *Meretrix lusoria* 稚貝의 斃死에 關한 研究(1) 大蛤稚貝의 穿孔腹足類 *Neverita didyma*, *Natica severa*에 依한 穿孔率에 關하여. 韓國水産學會誌, **2**(1): 63-70
 Junichiro, S. and Koichi, A. (1971) Oxygen consumption of abalone in early developmental stage and juvenile. *Bull. Tokai Reg. Fish. Res Lab. No.* **65**: 11-16.
 Kunio, I. (1987) Localization of heavy metals in the viscera and the muscular tissues of *Haliotis discus* exposed to selected metal concentration gradients. *Nippon Suisan Gakkaish*, **53**(12): 2269-2274.
 Nagahisa, U. and Kikuchi S. (1975) Oxygen consumption of the abalone, *Haliotis discus hannai* in relation to body size and temperature. *Bull. Tohoku Reg. Fish. Res. Lab.*, **35**: 73-84.
 Peck, L.S., Culley, M.B. and Helm, M.M. (1987) A laboratory energy budget for *Haliotis tuberculata* L. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, **106**: 103-123.
 유성규, 이택열, 진평, 전세규, 최위경 (1975) 부안만 백합 폐사에 대한 조사연구. 부산수산대학 해양과학 연구소 연구보고, **8**: 39-52.
 愛媛縣水産試験場 (1974) 浮の濁りがハガイニ及ぼす影響について. 本州四國連絡架橋漁業影響調査報告, **5**: 115-121.
 愛媛縣水産試験場 (1975) 漁介類의 卵稚仔期에 あける濁りの影響について (豫報). 本州四國連絡架橋漁業影響調査報告, **6**: 55-62.
 李澤烈 (1974) 전복류의 생식세포 형성과정 및 생식주기. 부산 수대 임해연구소연보, **7**: 21-50.
 浮永久, 菊地省吾 (1975) エゾアワビの酸素消費量と體重および温度との關係. 東北水研研究報告, **35**: 73-84.
 五十嵐彦仁 (1944) 泥土による鮑の被害に就て. 日水誌, **12**(6): 202-203.