

## 성게의 초기 발생계를 이용한 인천연안해수 수질평가

유 춘 만<sup>†</sup>

전남대학교 생물학과

(2009. 10. 8. 접수/2009. 11. 23. 수정/2009. 12. 3. 채택)

## Evaluation of Seawater Quality from Incheon Offshore Using Early Development Systems of A Sea Urchin

Chun-Man Yu<sup>†</sup>

Department of Biology, College of Natural Science, Chonnam National University, Kwangju 500-757, Korea

(Received October 8, 2009/Revised November 23, 2009/Accepted December 3, 2009)

### ABSTRACT

In January 2009, the water quality of offshore around the Incheon coast was evaluated by bioassay using early development systems of a sea urchin species, *Hemicentrotus pulcherrimus*. The results of performing biological evaluations on seawater samples from total of thirteen sites, showed that the formation rates of normal pluteus larva varied from 18% to 71%. In site 5 the seawater sample led to an average formation rate of normal larva of 18%, the highest abnormal formation rate hindering the early embryo development of the experimental animal, while that of site 3 averaged 71%, the highest formation rate of normal larva. Seawater samples from site 1, 2, 4, 7, 9, 10, 11 and 12, resulted in average formation rates of normal larva from 33% to 56%, which indicates the developmental damage of early embryos is not severe. Seawater samples from site 5, 6, 8 and 13, resulted in average formation rates of normal larva from 18% to 21% which there was strong damage to the development of early embryos.

**Keywords:** bioassay, *Hemicentrotus pulcherrimus*

### I. 서 론

오늘날 환경오염을 가져오게 된 근본적인 원인은 무엇보다도 기하 급수적으로 팽창하는 인구나 급속도로 발전하는 산업화 사회로부터 유래된다고 볼 수 있다. 지구면적의 70% 이상을 차지하는 해양은 산업과 상업, 여가선용과 주거지를 목적으로 인간에 의해 그 사용이 점점 증가하고 있으며, 이로 인하여 가정의 생활 하수와 폐기물 그리고, 각종 산업폐수와 중금속 등의 독성이 강한 여러 가지 난분해성 물질들의 방출량이 날로 늘어남에 따라 연안환경의 질적 악화가 불가피하게 촉진되고 있다.

특히 20세기 후반에 이르러 중국의 과학기술과 공업화로 인하여 중국대륙으로부터 황해로 유입되는 오염물질의 양이 급증하고 있는 실정이며, 국내의 경우 지

형의 특성상 대부분의 하천오수가 황해로 유입되고 있는 실정이며 또한 최근 경제난국의 극복에 치중할 뿐, 환경문제와 정책의 소홀로 인해 인천연안해역의 황폐화가 가속화되고 있다.

인천연안 일대는 다도해로 이루어져 경관이 수려해 풍부한 관광자원을 갖추고 있으며, 영종도 인천국제공항의 건립 등으로 인해 인구의 집중화가 가속화되고 있는 실정이다. 이로 인해 많은 생활하수 및 공업폐수가 이 일대로 유입, 해양오염이 극심해 지고 있다.

지금까지 해수환경의 오염 정도와 상태를 파악하는데 있어서 이화학적 조사방법이 주로 사용되어 왔으나 환경에 영향을 미치는 유해화학물질도 수많은 종류가 개발되어 이들이 환경 내에 복합된 요소로 구성되어 있을 경우, 이를 이화학적 방법을 통해 환경에 미치는 요인물질을 정확히 파악하기가 힘들뿐만 아니라 환경요인을 복합적이고 종합적으로 파악하기엔 많은 시간과 경제적인 비용이 소요된다. 또한 유해화학물질의 농도가 환경에 극저농도로 존재할 경우, 이를 이화학적 방법으로는 생물체에 미치는 영향을 파악하기는 지극히

<sup>†</sup>Corresponding author : Department of Biology, College of Natural Science, Chonnam National University  
Tel: 82-62-530-3390, Fax: 82-62-530-3396  
E-mail : ycm0023@hanmail.net

어려우며 배출된 유해화학물질의 환경 중에서의 이동과 변환으로 인하여 광역적이고 장기간에 걸친 오염도의 축적을 파악하기가 힘들다(Hwang *et al.*, 2009; Ryu *et al.*, 2007).

그러므로 환경오염의 정도와 상태를 파악하는 데 있어 이러한 이화학적 방법의 단점을 보완코자 근래에 들어 동·식물 플랑크톤, 미생물, 원생생물, 강장동물, 극피동물, 선형동물, 다모류, 연체동물, 갑각류, 어류 등을 이용하여 종합적이고 광역적으로 오염정도를 확인하는 생물학적 조사방법인 생물검정법 또는 지표생물을 이용한 생물학적 환경검사가 요구되고 있다. 성계는 수정 후 일정시간이 지나면 *pluteus* 유생에 도달하게 된다. 즉, 말뚝성계는 16°C의 배양조건에서 64시간이 소요된다. 해수 중에 존재하는 오염물질의 농도에 따라 *pluteus* 유생의 발생율에 차이를 나타내게 되며, 또한 유생시기에 도달할 발생배아에서도 오염물질의 영향으로 인해 개체크기, 비정상적인 형태 등을 보이기 때문에 현미경을 이용한 검경을 통해 정상적인 배아의 형태와 수를 비교하여 이를 해수의 오염도에 대한 지표로 활용할 수 있다(Hwang *et al.*, 2009; Ryu *et al.*, 2007).

이러한 견지에서 본 연구는 해양수질의 상태와 오염정도를 파악하는 데 있어서 이화학적 방법의 문제점을 보완하고 해양오염상태를 종합적으로 판정하고자 해산 무척추동물의 하나인 성계의 배우체(gametes) 및 배아(embryos)와 초기 발생계를 이용한 생물검정을 통하여 황폐화되어져 가고 있는 황해해역(인천 연안 해역)의 수질을 평가하고 해양오염지도(marine pollution map)를 작성하여 그 실태와 정도를 파악하는 데 목적을 두었다.

## II. 재료 및 방법

### 1. 조사정점 및 채수

본 연구는 2009년 동계(1월), 인천연안해역 일대 지리학적 특성을 고려해 총 13개 조사정점을 선정하였다(Fig. 1). 채수는 채수기를 이용, 각 조사정점의 표층수, 즉 수표면으로부터 0.5 m에서 시료를 각각 채수하였다. 채취된 시료는 4°C를 유지하는 저온상자에 넣어 실험실로 운반하여 실험동물의 생물검정에 이용하였다.

### 2. 생물검정

#### 1) 실험동물 및 채집

본 연구에 사용되는 실험동물은 분류학적으로 극피동물문의 하나인 말뚝성계(*Hemicentrotus pulcherrimus*)로



Fig. 1. A map showing the sampling stations in Incheon sea area.

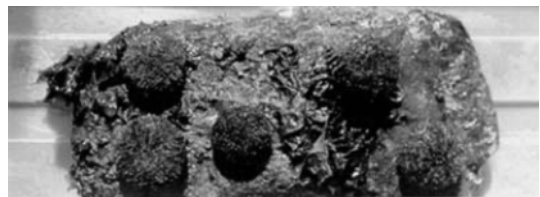


Fig. 2. Testing animals.

써 연안해역의 암반이나 사질성 연안이 주 서식처이며, 전라남도 여수시 오동도 연안에서 채취, 서식처와 유사한 환경조건을 조성하여 운반하였다(Fig. 2).

#### 2) 방정과 방란

실험동물의 방정과 방란에 사용하기 위한 자연해수는 GF/C(pore size 1.2 μm)로 여과한 후 2조의 활성탄층진 칼럼(Φ 25 cm×100 cm)으로 처리하여 GF/C로 반복 여과한 것을 이용하며, 이 여과된 자연해수를 50 ml~100 ml의 비이커에 가득 채운 후 성계의 생식공이 충분히 잠기게 한 다음, 0.5 M의 KCl용액 1~2 ml를 주입시킨 후, 30~90분 동안 방정, 방란을 시켰다. 방정·방란을 유도하여 얻은 배우자를 자연해수로 정자는 1회, 난자는 3회 반복 세정하여 실험에 사용하였다(Fujisawa, 1989, Wui *et al.*, 1992).

#### 3) 배양조건

실험동물로부터 채취한 정자와 난자를 수정시키기 위한 첨가비율은 1:1×10<sup>3</sup>으로 조절하며, 시수에 정자를 노출시키기 위한 정자의 수는 5×10<sup>6</sup>/50 ml가 되게 조

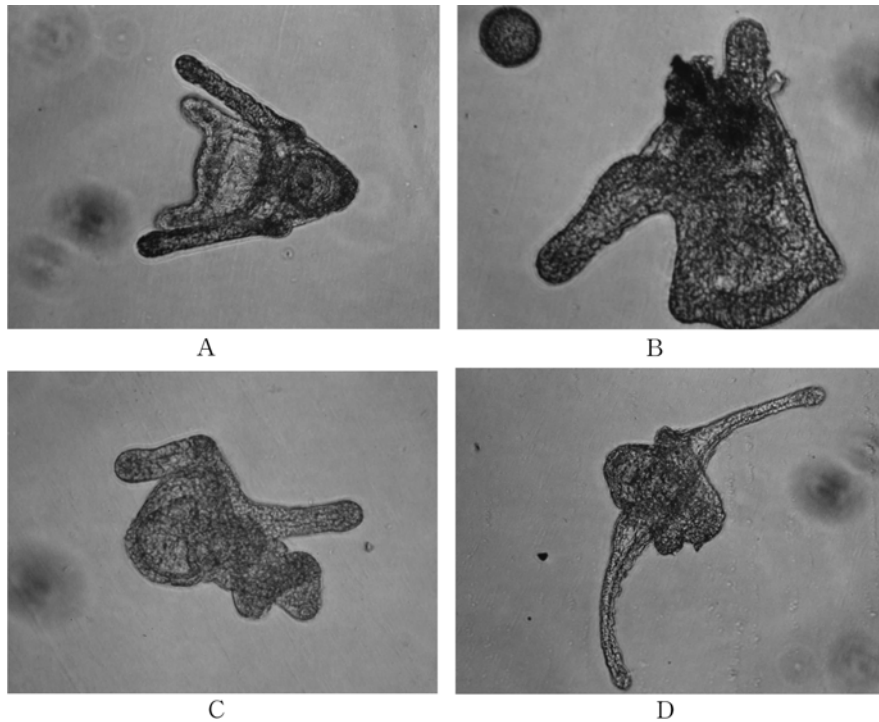


Fig. 3. Diagnostic features of pluteus in sea urchins. A: normal pluteus, B-D: Anormal pluteus.

정한다. 배양용기는 borosilicate 재질의 삼각 플라스크를 사용하여 배양액의 용량을 250 ml로 한다. 배양기 간동안에 유지되어진 온도는 16°C 범위에서 배양하였다(Pagano *et al.*, 1985; Dinnel *et al.*, 1987; Dinnel *et al.*, 1988).

4) 배우자를 이용한 생물검정

각 조사점의 채수 시기와 실험동물의 산란시기를 고려, 말뚝성계를 이용, 채수해 온 시수에 60분동안 정자를 노출시킨 후, 난자를 첨가하여 배양하고 각 발생 시기별로 시험액의 5 ml를 시험관에 분주하여 10%의 acetic acid로 고정, 현미경(200~600x)하에서 검경하였다(Dinnel *et al.*, 1987; Wui *et al.*, 1992; Kobayashi, 1981).

5) 시료의 관찰 및 자료의 처리

시료의 관찰은 정상적인 유생 형성율에 중점을 두어 관찰하며, 대조군(여과된 자연해수 처리군)과 비교하여 normal과 abnormal(정상크기의 1/2이하인 것, laval malformation)으로 구분하여 관찰한다(Fig. 3).

또한 본 실험의 생물검정은 모두 3회 이상의 동일한 실험을 실시하고, 관찰에 있어 배아를 100개 이상 계수하여 나타난 결과를 백분율로 환산·처리한다(Dinnel *et al.*, 1987; Wui *et al.*, 1992; Kobayashi, 1977, 1981).

6) 생물검정 결과에 의한 해수수질 판정 기준

본 실험에서 나타난 결과를 Yu(1998)의 수질등급 판정기준에 따라 분류하였다(Table 1).

Table 1. Ranking of inhibitory degrees of sea water upon further development of test animals<sup>2)</sup>

| Inhibitory degree                 | Grade | Test Animals        |                        |                                    |
|-----------------------------------|-------|---------------------|------------------------|------------------------------------|
|                                   |       |                     | <i>H. pulcherrimus</i> | Remarks                            |
| Non-inhibitory ordinary sea water | I     | Nor. Lar. Form. (%) | 60-100                 | Normal development                 |
| Moderately inhibitory sea water   | II    | Nor. Lar. Form. (%) | 29-59                  | Development delayed or deformed    |
| Violently inhibitory sea water    | III   | Nor. Lar. Form. (%) | 0-28                   | Development stopped in early stage |

Nor. Lar. Form.: normal larva formation.

### III. 결과 및 고찰

인천연안해역은 경관이 수려해 유명관광지로 각광을 받고 있고, 영종도 인천국제공항의 건립 등으로 인한 인구의 집중화, 생활하수 및 공업폐수의 유입등으로 연안오염이 극심해 지고 있다.

본 연구는 해양환경오염의 정도와 상태를 파악하는데 있어 이화학적 방법의 문제점을 보완하고 해양오염상태를 종합적으로 판정하고자 해산무척추동물의 하나인 성게의 배우체(gametes) 및 배아(embryos)와 초기 발생계를 이용한 생물검정을 통하여 인천연안해역의 수질을 평가하고 해양오염지도(marine pollution map)를 작성하였다. 성게는 수정 후, 16°C의 배양조건에서 64시간이 지나면 pluteus 유생에 도달하게 된다. 해수 중에 존재하는 오염물질의 농도에 따라 pluteus 유생의 발생율에 차이를 나타내게 된다(Hwang *et al.*, 2009; Ryu *et al.*, 2007; Yu, 1998).

그 결과, 13개의 조사정점 중 주문도 앞 바다의 조사정점 3에서 정상적인 pluteus 유생의 발생률이 71%로 실험동물의 초기 배발생에 별다른 영향을 미치지 않는 I등급의 수질이였다.

또한, 조사정점 1, 2, 4, 7, 9, 10, 11, 12의 8개 정점에서는 정상적인 pluteus 유생의 발생률이 33%~56%로 실험동물이 초기 배발생하는 데 있어 약간의 저해를 받은 II등급의 수질로 판명되었다.

조사정점 5, 6, 8, 13의 4개 정점에서는 정상적인 pluteus 유생의 발생률이 18%~21%로 실험동물이 초기

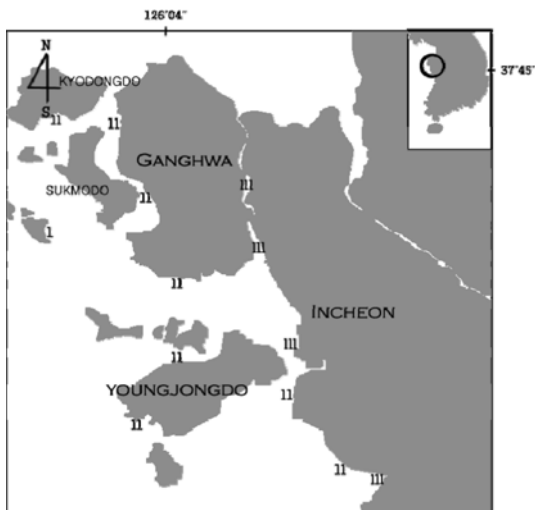


Fig. 4. Marine pollution map by the inhibitory degree of the sea water depending on development ratio in Incheon sea area.

Table 2. Ranking and normal larva formation ratio in each coastal station

| Station | Nor. Lar. Form. (%)<br>(Average) | Ranking |
|---------|----------------------------------|---------|
| 1       | 54                               | II      |
| 2       | 50                               | II      |
| 3       | 71                               | I       |
| 4       | 48                               | II      |
| 5       | 18                               | III     |
| 6       | 21                               | III     |
| 7       | 44                               | II      |
| 8       | 19                               | III     |
| 9       | 47                               | II      |
| 10      | 56                               | II      |
| 11      | 36                               | II      |
| 12      | 33                               | II      |
| 13      | 19                               | III     |

Nor. Lar. Form.: normal larva formation.

배발생하는 데 있어 심한 저해를 받은 III등급의 수질로 판명되었다. 특히 조사정점 5에서는 정상적인 pluteus 유생의 발생률이 18%로 전체 조사정점 중 가장 낮은 정상적인 pluteus 유생의 발생률을 보임으로서 이 일대해역의 오염이 가장 심각한 것으로 판명되었다 (Fig. 3, Table 2).

우리나라 서해안은 지형적인 여건상 동해안에 비해 폐쇄형 생태계를 유지하고 있으며, 중국 및 국내 내륙으로부터 유입되는 오염물질의 영향을 많이 받는 해역이다. 본 실험의 결과 하천의 담수 및 오염물질의 유입이 심한 곳, 육지 및 섬에 인접한 곳 등에서는 오염에 약한 생물의 산란 및 번식 그리고 서식이 부적합한 낮은 등급 수질을 유지하였다. 하지만 조사정점 3에서 보듯이 내륙으로부터 멀리 떨어져 담수 및 하천의 오염물질 유입의 영향이 적은 곳에서는 생물의 산란 및 서식처로서 적합한 등급을 유지하고 있다. 이는 원활한 해류와 갯벌의 자정작용에 의한 것으로 생각된다.

### IV. 결론

인천 연안해역의 총 13개 정점을 선정, 말뚝성게의 초기 발생계를 이용한 생물학적인 평가법을 통해 연안해수의 수질을 평가하였다. 그 결과, 주문도 앞 바다의 조사정점 3에서 71%의 정상적인 pluteus 유생의 발생률을 보여 I등급의 수질로 판명되었다.

또한, 조사정점 1, 2, 4, 7, 9, 10, 11, 12에서는 말뚝성게의 초기 발생계에 약간의 저해를 미치는 33%~

56%의 정상적인 pluteus 유생의 발생률을 보임으로서 II등급의 수질로 판명되었다. 조사정점 5, 6, 8, 13의 경우에는 실험동물의 초기 발생계에 심한 저해를 미치는 해역으로, 정상적인 pluteus 유생의 발생률이 18%~21%로 III 등급의 수질로 판명되었다.

### 참고문헌

1. Dinnel, P. A., Link, J. M., Stober, Q. J. : Improved methodology for a sea urchin sperm cell bioassay for marine water. *Archives of Environmental Contamination Toxicology*, **16**, 23-32, 1987.
2. Dinnel, P. A., Pagano, G. G., Oshida, P. S. : A sea urchin test system for marine environmental monitoring. *Echinoderm Biology*, Burke, et al. (eds), Balkema, Rotterdam, ISBN **90**, 6191-7557, 1988.
3. Fujisawa, H. : Differences in temperature dependence of early development of sea urchins with different growing season. *Biology, Bulletin*, **176**, 96-102, 1989.
4. Hwang, U. K., Lee, C. W., Kim, K. S., Kim, H. C., An, K. H., Park, S. Y. : Toxicity assessment of ocean dumping wastes using fertilization and embryo development rates in the sea urchin (*strongylocentrotus nudus*). *Korean Journal of Environmental Toxicology*, **24**(1), 25-32, 2009.
5. Kobayashi, N. : Bioassay data for marine pollution using sea urchin eggs. *Seto Marine Biology Laboratory*, **23**, 427-433, 1977.
6. Kobayashi, N. : 1981. Comparative toxicity of various chemicals, oil extracts and oil dispersant extracts to canadian and japanese sea urchin eggs. *Seto Marine Biology Laboratory*, **26**, 123-133, 1981.
7. Pagano, G., Cipollaro, M., Corsale, G., Esposito, A., Ragucci, E., Giordano, G. : pH-induced Changes in mitotic and developmental patterns in sea urchin embryogenesis. II. Exposure of sperm. *Teratogenesis Carcinogenesis Mutagenesis*, **5**, 113-121, 1985.
8. Ryu, T. K., Sung, C. G., Han, G. M., Hwang, I. Y., Lee, T. K., Lee, C. H. : Optimal conditions for the embryonic development of sea urchin, *strongylocentrotus intermedius* for using bioassay. *Korean Journal of Environmental Toxicology*, **22**(3), 211-218, 2007.
9. Wui, I. S., Lee, J. B., Yu, S. H. : Studies on quality of sea waters by using sea urchin gametes and embryos in the inland sea of korea. (The Yellow and Southern sea). *Korean Journal of Environmental Biology*, **10**(3), 92-99, 1992.
10. Yu, C. M. : Evaluation of offshore water quality by bioassay using gametes and embryos of sea urchins. *Journal of the Korean Society of Oceanography*, **3**(3), 172-174, 1998.