

개량조개, *Mactra chinensis* Philippi 發生에 의한 釜山沿岸 海水의 水質汚濁 調査

李 澤 烈* · 孫 英 媛**

BIOASSAY STUDY OF EARLY DEVELOPMENT OF *MACTRA CHINENSIS* PHILIPPI FOR THE WATER QUALITY EVALUATION OF THE COASTAL WATERS OF BUSAN

Taek Yuil LEE* and Young Won SON**

Early developmental stages of *Mactra chinensis* were bioassayed to determine the water quality of the coastal waters of Busan. The water samples were obtained at 12 stations from July 12 to July 17, 1977.

Water quality evaluation was made in terms of the rates of normal development to abnormal development in three indicator states, i.e. fertilization membrane formation, morula and trochophore larvae.

The pollution degree of the waters brought from five swimming beaches was found to be highest at Haewundae followed by Songdo, Kwang-anri, Songjeong and Dadaepo with decreasing order. The highest value of the water at Haewundae was mainly due to the accidental oil spill from an oil tanker which happened on July 7, 1977.

At Dongsamdong the rate of total abnormal development was 47.17%. This result is apparently attributable to fish byproducts discarded from a number of restaurants.

At Chungmudong where a large fish-market is located, the rate of total abnormal development was 61.14%.

At Suyeng Bay and Yongho Bay the rates of total abnormal development were 73.82% and 72.90% respectively. At these bays the drainage presumably contains a large amount of chemical pollutants from the industrial areas. This result shows that no organisms can normally breed in these regions.

緒 論

海洋의 汚染度를 評價하기 위한 方法의 하나로 海洋生物을 指標者(Indicator)로 사용하여 汚濁物質에 對한 影響을 調査한 研究로는 Waterman (1937)의

상계, *Arbacia punctulata*, 發生에 미치는 중금속의 影響이 報告된 以來, Wilson(1961), Okubo and Okubo(1962) 등의 報告가 있으며, 最近 1969년부터 日本의 Seto Marine Biological Laboratory의 長期 調査研究課題의 하나로 Kobayashi(1971, 1974)에 의해 Hatakejima島 연안의 海洋汚染 測定을 성게를

* 釜山水產大學, National Fisheries University of Busan

** 釜山嶺中學校, Busanjin Junior High School

이용한 生物檢定法에 依해 長期間 調査된 바 있다.

Okubo and Okubo(1962)와 Kobayashi(1971)는 이들 汚染度 測定의 指標者로서 성게 以外에도 조개류(Pelecypoda)의 發生過程調査도 同等하게 使用할 수 있다고 하였다.

우리나라에서도 全南 光陽灣에서 湖南精油工場의 稼動으로 因해 이 沿岸 一帶의 百蛤養殖 被害 興否를 둘러싼 問題가 있어 李等(1975)에 의해 原油成分인 n-헥산가용물과 메놀 및 황화물 등이 百蛤發生에 미치는 生物學的 影響을 調査 報告 한 바 있다.

本 研究은 釜山 沿岸의 海水浴場으로 代表的인 海雲臺를 비롯한 4개 海水욕장과 釜山 市民뿐만 아니라 의부 관광객의 이용도가 높은 횃집 밀집지역인 影島의 東三洞과 太宗臺 그리고 특히 工場廢水와 都市 下水의 流出이 심한 水營灣, 忠武洞, 龍湖灣, 또한 비교적 淸淨한 곳으로 간주되는 五六島 앞과 本研究所에서 使用하는 잔 濾過된 海水等 總 12個 地點의 海水를 試水로 하여 이들 各 試水別로 개량조개, *Maetra chinensis*를 發生시켜 畸形發生率을 調査比較 하므로써 地點別 汚濁程度를 考察 하였다.

材料 및 方法

汚濁調査를 위한 生物學的 指標種의 材料로서는 조개類 中 人工受精率이 높고, 여름철 내내 손쉽게 구할 수 있는 落東江 下口 明池産 개량조개, *Maetra chinensis* Philippi를 室內 海水飼育水槽에 옮겨 安定시킨 후 人工受精 및 發生用 母貝로 使用하였다.

釜山 沿岸의 海洋汚濁度를 調査하기 위한 採水地點으로서는 海水浴場으로 海雲臺, 多大浦, 松亭, 松島 및 廣安里等 5개 地點이며, 이의 횃집 密集區域인

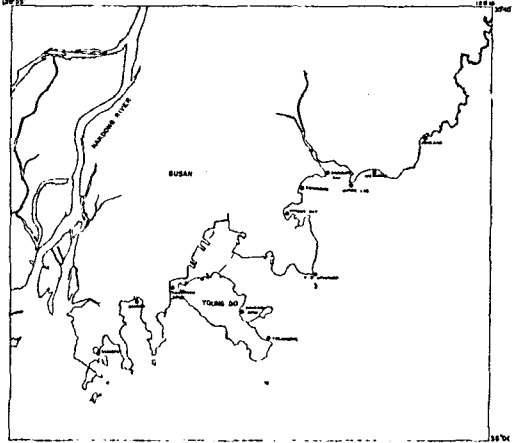


Fig. 1. Location of the water sampling stations.

影島의 東三洞과 太宗臺 2개 地點, 工場廢水와 都市 下水의 流出이 많은 水營江 下口인 民락다리 밑, 龍湖灣과 忠武洞(자갈치市場 앞)의 3개 地點, 그리고 五六島 앞과 濾過된 研究所의 海水等 總 12個 地點의 海水를 對象으로 하였다(Fig. 1).

採水는 5 l 들이 플라스틱통을 사용 했으며 各 地點 別로 1977年 7月 12일부터 7月 17日 사이에 3 회에 걸쳐 採水하여 試水로 使用하였으며 各 實驗值를 平均하였다.

개량조개의 發生過程에 對한 觀察은 明池 現地에서 구입한 成熟 母貝를 室內 飼育水槽에 옮겨 1日間 安定시킨 후 雌雄別로 區分하여 採卵 採精 하였다. 人工受精은 直徑 18 cm 되는 유리샤테에 各 地點別 海水를 400 ml 씩 넣은 후 여기에 採卵된 卵을 한층으로 깔리게 넣고 採精된 精子를 고무 피석하여 受精시켰다.

受精後 10분이 경과 한 후 뚜렷한 受精膜이 形成되었을 때와, 3시간 30분 후의 桑實期, 그리고 5時間 30分後의 擔輪子(Trochophore) 幼生期에 各 地點別로 Lillie's neutral buffered formalin에 發生이 進行 중인 卵을 고정하여 正常發生卵과 畸形發生卵을 計數板으로 顯微鏡 下에서 計數하며 各 地點別 正常發生率과 畸形發生率을 比較 檢討하였다.

結 果

1. 正常發生

(1) 受精過程

개량조개는 自然狀態에서 第1次 卵母細胞 상태로 放卵되어 精子가 侵入하는데, 完熟 母貝에서 採卵한 卵 역시 大形の 胚胞狀의 核을 가진 第1次 卵母細胞로서 80 μ 전후의 球形卵이다(Fig. 2-1). 이들 卵에 精子를 희석해 주면 곧 精子는 卵에 侵入하게 되고 이어서 卵 表面에는 透明한 受精膜이 形成된다(Fig. 2-2). 이어서 成熟分裂이 進行되어 第1極體를 放出하고 第2次 卵母細胞가 된다(Fig. 2-3). 이후 계속해서 第2極體를 放出한 후 卵細胞는 精子와 核融合이 이루어 진다.

(2) 卵割過程

核融合이 完了되면 卵割이 시작되는데 조개류 發生에서 전형적으로 나타나는 三葉期(trefoil stage)(Fig. 2-3)를 거쳐 受精後 1時間頃에 三葉期의 極葉(polar lobe)이 오른쪽 圓球로 吸收되어 하나의 小圓球와 大圓球로 구성된 2細胞期가 된다(Fig. 2-4).

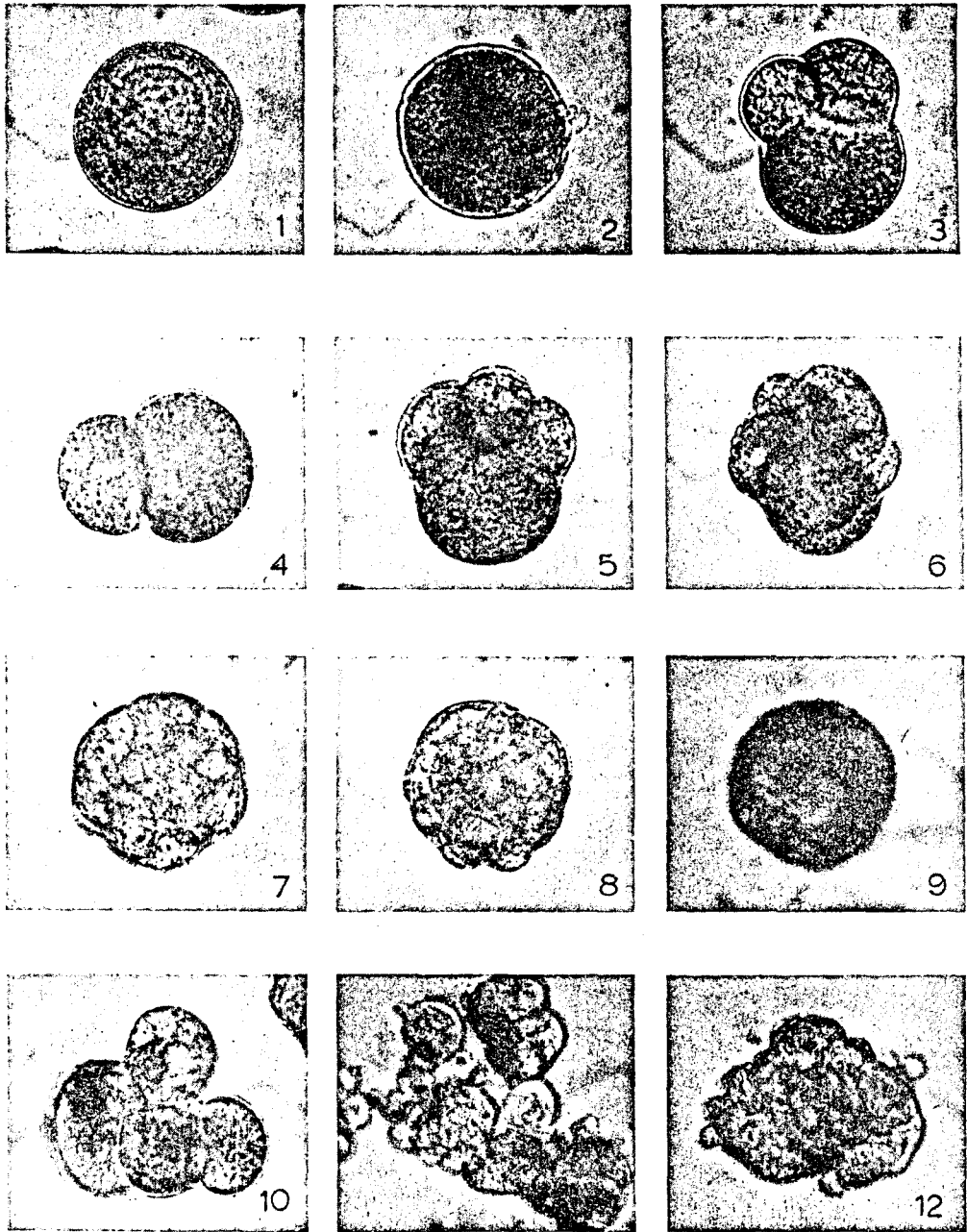


Fig. 2. Numbers 1—9 and 10—12 represent the normal developmental and abnormal developmental stages of *Macra chinensis* eggs respectively.
 1. Unfertilized egg; 2. First polar body stage; 3. Trefoil stage; 4. Two cell stage; 5. Four cell stage; 6. Eight cell stage; 7. 32 cell stage; 8. Mesentoblast formation and epibolic gastrulation stage; 9. Trochophore larva stage; 10. Abnormal cleavage of four cell stage; 11. Destruction of blastomeres; 12. Abnormal trochophore larva by exogastrulation.

다시 4細胞期로 될 때 2細胞期에서와 같이 大割球에서 極葉이 만들어 지고 이 極葉이 하나의 割球에 吸收된 結果 3個의 小割球와 1個의 大割球를 가지게 된다(Fig. 2-5). 8細胞期 以後에는 卵割軸이 바뀌어져 나선형 卵割을 하게 된다. 以後 卵割이 進行되면 動物極쪽의 小割球들이 分裂을 계속하면서 植物極쪽에 位置한 大割球 方向으로 자라오며 大割球를 덮어오고 있다(Fig. 2-6, 7). 이렇게 하여 桑實期를 거치게 되면 마지막으로 植物極쪽의 大割球가 2分되어 (Fig. 2-8) 中胚葉母細胞로 되고 動物極의 小割球들이 계속 덮어 내려오면서 中胚葉母細胞의 陷入이 일어나 囊胚를 形成하고 (epibolic gastrulation) 水溫 24° C일 때 受精後 約 5時間 30分頃에 外胚葉細胞層에서 纖毛가 形成되어 球形의 擔輪子幼生이 된다(Fig. 2-9).

2. 畸形發生

(1) 受精過程

受精過程에서 나타난 畸形으로는 受精膜이 전혀 형

성되지 않거나 形成되었더라도 곧 파괴되어 있는 것이 있고 또 成熟分裂이 일어나지 않아 胚胞狀의 핵이 未受精卵에서와 동일하게 그대로 남아 있는 것이 나타난다.

(2) 卵割過程

受精後 2細胞期에서의 割球의 異狀分裂, 4細胞期, 8細胞期에서의 畸形分裂(Fig. 2-10) 등이 있고 正常的인 中胚葉母細胞의 形成및 陷入이 일어나지 못하고 파괴되어 버리거나 (Fig. 2-11), 外囊胚形成이나 永久胚의 形態로 發生이 中止된 것, 外囊胚形成에서 튀어나온 割球들이 그대로 纖毛를 가지고 一時的으로 游泳하다 죽어 버리고 마는 것(Fig. 2-12) 등이 있다.

3. 各 地點別 汚濁의 相對的 比較

各 地點別로 採水한 海水로 人工受精시켜 發生시킨 계량조개의 各 發生段階別 正常發生率및 畸形發生率과 全 發生期間中 總 畸形發生率은 Table 1과 같다.

Table 1. Percentage rate of the normal and abnormal development of *Maetra chinensis* eggs and its trochophore larvae reared with the different sea water samples

Area	Indicatory states						Rates of total abnormal embryos
	Formation of fertilization membrane (10 min)*		Morula (3 hr 30 min)*		Trochophore larvae(5 hr 30 min)*		
	Normality (%)	Abnormality (%)	Normality (%)	Abnormality (%)	Normality (%)	Abnormality (%)	
Dadaepo	98.64	1.36	96.61	3.39	88.68	11.32	15.63
Songjung	98.91	1.09	87.13	12.87	75.04	24.96	35.55
Songdo	98.31	1.69	85.37	14.63	66.88	33.12	44.34
Kwang-anri	94.37	5.63	84.29	15.71	81.02	18.98	36.44
Haewundae	98.38	1.63	79.94	20.06	66.28	33.71	48.28
Dongsamdong	98.25	1.75	75.91	24.08	71.32	28.68	47.17
Taejongdae	98.17	1.83	86.45	13.55	77.43	22.57	34.64
Suyeong Bay	84.91	16.08	81.98	18.02	48.22	51.77	73.82
Yongho Bay	92.22	7.78	68.70	31.30	47.21	52.79	72.90
Chungmudong	87.32	12.68	82.80	17.20	59.59	40.41	61.14
Oruckdo	98.00	2.00	93.81	6.19	88.65	11.35	18.70
Marine Lab.	98.03	1.93	89.72	10.28	78.96	21.04	30.87

* Duration of the development after insemination.

이들 결과를 發生段階別로 살펴보면 우선 受精段階에서 地域別 未受精率은 Fig. 3과 같다.

Fig. 3에서 보는 바와 같이 未受精率은 水營灣(민락다리 밑)이 16.08%로 가장 높고 忠武洞이 12.68%

龍湖灣이 7.78%, 廣安海水浴場이 5.63%로 다른 地域의 1~2% 内外보다 월등히 높은 비율을 나타내고 있다.

桑實期에 나타난 各 地域別 畸形率을 比較해 보면

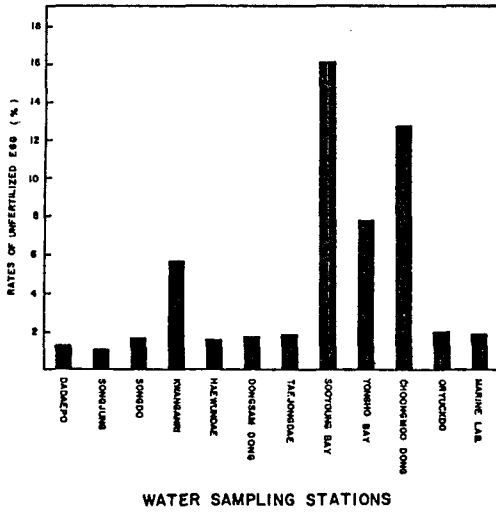


Fig. 3. Percentage rate of the unfertilized eggs of *Mactra chinensis* in different sea waters sampled.

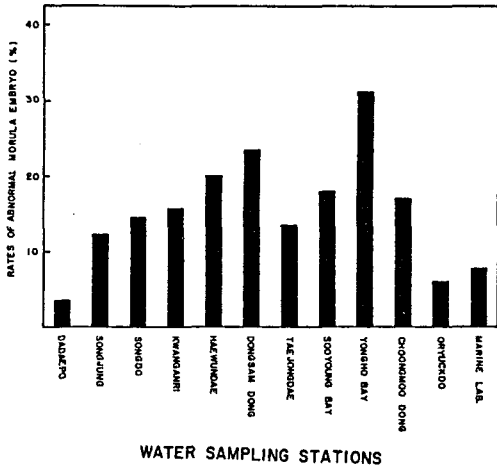


Fig. 4. Percentage rate of the abnormal morula stage embryo of *Mactra chinensis* in different sea waters sampled.

Fig. 4와 같다.

桑實期에서 畸形發生率은 龍湖灣이 31.30%로 가장 높고 東三洞이 24.08%, 松亨, 松島, 廣安里, 海雲臺 등의 海水浴場이 10~20% 사이이고, 忠武洞과 水營灣이 17~18%이며, 多大浦와 五六島地域이 10% 미만을 나타내고 있다.

한편 掘輪子幼生期の 地域別 畸形發生率을 보면 Fig. 5와 같다.

掘輪子幼生期の 畸形은 龍湖灣이 52.79%, 水營灣이 51.77%의 値로 나타나 가장 높으며, 松島, 海雲

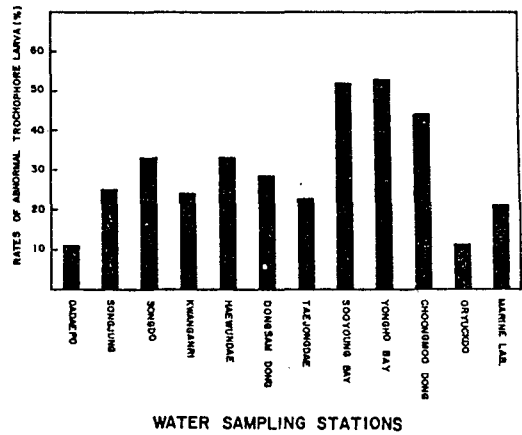


Fig. 5. Percentage rate of the abnormal trochophore larvae of *Mactra chinensis* in different sea waters sampled.

臺, 忠武洞이 30~40%, 松亨, 太宗臺, 東三洞 등이 20~30% 사이이며, 五六島와 多大浦가 약 10%로 가장 낮은 比率을 나타내었다.

이들 各 段階에서 나타난 畸形全体가 처음 調査對象 全体 卵에 對해 차지하는 率 즉 總 畸形發生率을 地域別로 比較해 보면 Fig. 6과 같다.

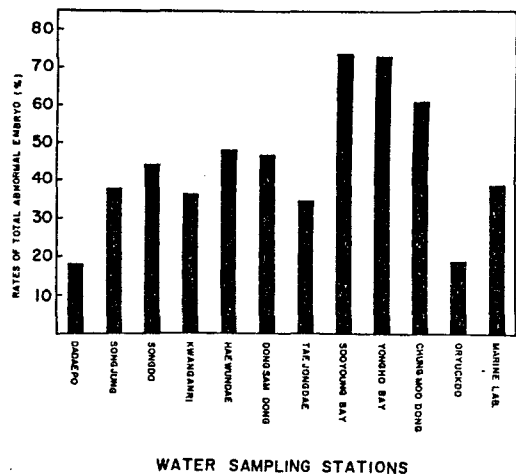


Fig. 6. Percentage rate of the total abnormal embryos of *Mactra chinensis* in different sea waters sampled.

Fig. 6에서 보는 바와 같이 都市下水와 工場廢水의 影響을 많이 받고 있는 水營灣, 龍湖灣등은 掘輪子幼生期까지 發生하는데 70% 以上이 畸形으로 되어 결국 死滅하며, 忠武洞 자갈치 市場 앞 역시 60% 以上으로 거의 正常的인 生物의 發生을 기대 할 수 없

는 率을 나타내고 있다. 海水浴場의 경우 海雲臺, 松島 등은 40%를 훨씬 上廻하고 있고, 뒷집 밀집 지역인 東三洞 역시 거의 50%에 가까운 總畸形發生率을 나타내고 있다.

考 察

本實驗에서 나타난 結果로서 釜山沿岸의 各地點別 汚濁度를 比較해 보면 海水浴場의 경우 多大浦, 松亨, 廣安里, 松島, 海雲臺 順으로 그 汚濁度의 程度가 甚해 지는 傾向을 나타내고 있는데 이 중 海雲臺 海水浴場의 경우 外洋의 影響을 많이 받으면서도 높은 汚濁度를 나타낸 것은 調査當時인 1977年 7月 7일부터 인근 沿岸에서 發生한 事故船舶으로 부터 流出된 油類가 海雲臺 백사장에 밀려와 甚한 汚染을 일으킨데서 온 結果로 생각된다. 또한 海雲臺 동백섬에 位置하고 있는 本研究所의 海水亦是 總畸形發生率이 30.87%로 결코 낮은 수치로 볼 수 있는데 이것 역시 隣接한 海雲臺 海水浴場의 油類汚染의 影響을 받은 것으로 생각된다.

집단 뒷집 區域인 影島 太宗臺의 곤포의 집 앞이 總畸形發生率 34.64% 인데 비해 東三洞의 경우는 47.17%로 거의 50%에 가까운 總畸形發生率을 나타내고 있는 것은 位置上 釜山港 內灣의 影響도 있겠으나 太宗臺에 비해 훨씬 많이 密集된 뒷집에서 排出한 都市下水의 影響이 크게 作用한 것 같다.

都市下水와 工場廢水의 影響을 심하게 받고 있는 水營灣과 龍湖灣 그리고 忠武洞 등의 畸形發生率이 다른 地點보다 월등히 높은 것은 工場廢水와 都市下水 등이 海水를 甚하게 汚濁시키고 있음을 말해주고 있다. 특히 水營灣의 경우 受精段階에서 이미 다른 地域 보다도 월등히 높은 畸形發生率을 나타내고 있는데, 이 地點은 水營江 上流와 隣近의 工場地帶에서 海水에 流出된 重金屬 이온들이 受精過程을 크게 妨害한 것으로 생각된다.

Kobayashi(1971)에 의하면 성계의 發生에서도 受精膜의 形成에 가장 큰 阻害要因으로서 重金屬 이온들을 들고 있다.

釜山 沿岸에서 가장 汚濁率이 낮은 結果를 보인 多大浦의 경우 桑實期 畸形率이 3.39%로 나타났는데 이는 日本의 교오도 인쇄연구소 주변의 해수에 대해 성계를 재료로 얻어진 실험치 1.1%와 비교해 볼 때 오히려 높은 비율을 나타내고 있다.

汚濁이 가장 심하게 나타난 水營灣, 龍湖灣 그리

고 忠武洞 등은 總畸形發生率이 60~70%以上을 나타내고 있어 이는 李等(1975)에 의해 조사 報告된 原油成分인 n-hexane soluble chemicals 5 ppm과 Phenol 10ppm이상의 濃度에서 나타나는 畸形發生率을 훨씬 상회하고 있어 汚濁의 심각성을 말해 주고 있다.

要 約

釜山沿岸의 海水汚濁程度를 調査하기 위하여 生物檢定法에 의해 指標種으로서 개랑조개, *Macra chinensis*를 사용하여 1977年 7月 12일부터 1977年 7月 17日 사이에 3회에 걸쳐 總 12개 地點에 對한 調査를 실시하였다. 판정의 段階로는 受精膜形成期, 桑實期, 擔輪子幼生期로 나누어 各各 正常發生率과 畸形發生率을 調査 하였다.

1. 釜山 沿岸의 海水浴場의 海水汚濁은 海雲臺, 松島, 廣安里, 松亨, 多大浦의 順으로 그 程度가 甚하게 나타났는데 이 중 海雲臺의 경우는 조사당시 7월 7일에 隣近 海域의 事故船舶으로 부터 流出된 油類의 影響이 있었던 것으로 간주된다.
2. 뒷집 密集地域인 東三洞의 경우 總畸形發生率이 47.17%이고, 魚貝類市場이 있는 忠武洞의 경우는 61.14%의 總畸形發生率을 나타내고 있다.
3. 工場廢水의 直接的인 影響을 받고있는 水營灣과 龍湖灣의 경우는 70% 以上の 總畸形發生率을 나타내고 있어 生物의 發生이 거의 불가능한 地域으로 나타나고 있다.

文 獻

- Kobayashi, N., (1971): Fertilized sea urchin eggs as an indicatory material for marine pollution bioassay, Preliminary experiments. Publ. Seto Mar. Biol. Lab. 18, 379—406.
- (1974): Marine pollution bioassay by sea urchin eggs, an attempt to enhance accuracy. *Ibid*, 21, 377—391.
- 李秉敏, 李澤烈 · 陳平(1975): 백합의 發生 및 呼吸에 미치는 原油成分의 影響 · 釜山水大 海科研報 8, 31—38.
- Okubo, K. and T. Okubo (1962): Study on the bioassay method for the evaluation of

개량조개, *Mactra chinensis* 발생에 의한釜山沿岸海水의水質汚濁調査

- water pollution-Ⅱ. Use of the fertilized eggs of sea urchins and bivalves. Bull. Tokai. Reg. Fish. Res. Lab. 32, 131—140.
- Waterman, A. J. (1937) : Effects of salts of heavy metals on development of the sea urchin, *Arbacia punctulata*, Biol. Bull. 73, 401—420.
- Wilson, D.P. (1961): Biological differences between sea waters ; Experiments in 1960. J. Mar. Biol. Ass. U.K. 41, 663—681.