J. Fd Hyg. Safety
Vol. 25, No. 4, pp. 367~375 (2010)

Journal of Food Hygiene and Safety
Available online at http://www.foodhygiene.or.kr

통영항의 해수 및 저질의 위생학적 특성

박준용[1] · 김영인[2] · 배기성[2] · 오광수[1] · 최종덕[1]*
[1]경상대학교 해양식품공학과/해양산업연구소, [2]경상대학교 해양토목공학과

Sanitary Characteristics of Seawater and Sediments in Tongyeong Harbor

Jun-Yong Park[1], hhhYeong-In Kim[2], Ki-Sung Bae[2], Kwang-Soo Oh[1], and Jong-Duck Choi[1]*
[1]*Dept. of Seafood Science and Technology/Institute of marine industry Gyeongsang National University, Tongyeong 640-160, Korea*
[2]*Major of Ocean Civil Engineering, Gyeongsang National University, Tongyeong 640-160, Korea*
(Received September 3, 2010/Revised September 20, 2010/Accepted October 7, 2010)

ABSTRACT - The bacteriological and physiochemical analysis of sea water and sediments in Tongyeong harbor was conducted to evaluate sanitary conditions. The samples were collected at 8 stations established once a month from June, 2008 to May, 2009. During the study period, the range of temperature was from 6.7 to 25.2°C, transparency ranged from 1.2 to 2.6 m, chemical oxygen demand ranged from 1.90 to 2.92 mg/L, dissolved oxygen ranged from 6.2 to 10.5 mg/L, dissolved nitrogen ranged from 0.052 to 0.098 mg/L, phosphate ranged from 0.044 to 0.065 mg/L, respectively. Seafood, if eaten raw, carries the risk of food poisoning. Seafood poisoning is often cause by pathogenic microorganism originating from fecal contamination, such as *Salmonella* sp., *Shigella* sp. and norovirus. Fecal coliforms are an important indicator of fecal contamination. Therefore, data on fecal coliform are very important for evaluating the safety of fisheries in coastal areas. So, we investigated the sanitary indicate bacteria. The coliform group and fecal coliform MPN's of sea water in Tongyeong harbor were ranged from < 1.8~22,000/100 mL (GM 164.9 MPN/100 mL) and < 1.8~7,900 MPN/100 mL (GM 33.7 MPN/100 mL), respectively. Total coliform were detected 97.0% in 96 of samples and 68.9% of total coliforms were fecal coliforms. These results similar to another seawater detection ratio of total coloforms and fecal coliforms. The Vibrios was isolated and identified with VITEK system. Four hundred eighty strains that were obtained from sea water samples in Tongyeong harbor Detection ratio *Vibrio alginolyticus*, 34.2%, *Vibrio parahaemolyticus*, 13.8%, *Vibrio vulnificus* 10.0%, and *V. mimicus* 12.5% respectively. *Vibrio cholerae* O1, was not detected. During the study period, the ranges of water content, ignition loss, COD, and acid volatile sulfates in sediments in Tongyeoung harbor were 41.0~57.4%, 7.8~10.5%, 6.51~9.30 mg/g, 0.04~0.09 mg/g, respectively. Heavy metals in sediment of Tongyeoung harbor were Cd, 0.10 ± 0.05; Cu, 4.79 ± 8.20; As, 1.95 ± 0.17; Hg, 0.10 ± 0.07; Cr^{6+}, 0.34 ± 0.12; Zn, 125.33 ± 16.40; Ni, 16.43 ± 1.93 mg/kg.

Key words : Tongyeong harbor, Sanitary, seawater, sediments, *E. coli,* Vibrios

통영항은 통영시의 북쪽 시가지(인평동~동호동)와 남쪽 시가지(미수동~도남동)인미륵도 사이에 동서방향으로 좁은 수로로 연결되어 있는 작은 항으로, 서쪽으로는 북만, 고성만 및 자란만과, 북동쪽으로는 진해만으로 연결되는 견내량과 연접하고 있고, 남동쪽에는 한산만이 위치하고 있다. 통영항 주변해역에는 굴, 진주담치, 우렁쉥이 및 미더덕 등 수산물 양식어장과 가두리 및 정치망 어장 등이 다양하게 분포하고 있다. 통영항은 남북의 육지와 섬으로 생성된 시가를 가로지르는 협수로이므로 항내 해수는 생활하수 및 공장 폐수 등 육수에 오염되기 쉬운 지형으로 되어 있고, 또한 정박하고 있는 많은 선박에 의한 오염이 우려된다. 통영항 내에서는 간조시에 조간대에서 수로를 따라 일부 바지락 등 패류가 채취되기도 하고, 해안선을 따라 재래시장과 많은 횟집이 산재하여 있는 실정이다. 통영항의 수질 및 저질의 오염은 이러한 항내 수로에서 채취되는 바지락과, 항내수를 활어 수족관에 사용하는 횟집 및 재래시장의 어패류 등의 위생에 직접적인 영향을 받을 수 있으며, 주변 해역에도 영향을 미칠 수 있다.

오염된 해역에서 생산된 패류가 장질환의 원인이 되고 있다는 것은 오래 전부터 잘 알려진 사실이며, 패류는 섭

*Correspondence to: Jong-duck Choi, Dept. of Seafood Science and Technology, Gyeongsang National University, Tongyeong 640-160, Korea. Tel : +82-55-640-3113, Fax: +82-55-640-3111
E-mail : choijd@gnu.ac.kr

이활동을 통하여 그들 주위의 해수 중에 부유하고 있는 인체에 유해한 세균이나 virus 뿐만 아니라 여러 가지 공해물질을 섭취하고 이들 물질을 쉽게 축적한다는 점이나 패각을 제외하고 장기관을 포함한 전 생체를 식용하고 있다는 점에서 서식해수의 위생적인 관리는 중요한 문제이다[1,2].

우리나라의 경우 1961년 이후 남해안 주요 패류생산해역에 대한 위생조사를 지속적으로 실시하고 있으며, 남해안 지정해역인 거제만, 자란만, 미륵도, 창선에 대한 수질과 패류의 위생조사를 실시한 바 있다[3~12]. 그러나 항구에 대한 수질 및 저질의 위생학적 특성에 관한 연구는 김[13], 박 등[14]이 목포항의 수질 특성에 대하여, 최와 정[15]이 통영항 해수의 세균학적 및 이화학적 수질에 대하여 보고한 바 있으나 거의 없는 실정이다.

이 연구에서는 통영항 내의 해수와 저질의 위생학적 특성을 파악하고, 이 결과와 주변 횟집이나 재래시장 수족관의 수질과 관련성을 알아보기 위하여 해수 및 저질의 물리화학적 해양환경 특성과 해수의 위생지표세균, 수인성 전염병균 및 병원성 비브리오균 등을 조사하였다.

재료 및 방법

조사지점 및 시료의 채취

경상남도 통영시 통영항 내의 조사지점은 Fig. 1에 제시하였다.

조사지점(St.) 1은 한실포 내에, St. 2는 해양공원에, St. 3은 통영대교 밑, St. 4는 충무교 아래쪽, St. 5는 연안여객터미널에, St. 6은 강구안, St. 7은 충무마리나 리조트 앞 선착장, 그리고 St. 8은 동호항으로 총 8개 조사지점에서 2008년6월부터 2009년 5월까지 월 1회 채수 및 채니하여 통영항의 해수 및 저질의 물리화학적 특성과 세균학적 특성, 비브리오의 분포 등을 조사하였다. 분석용 시료는 채수기를 이용하여 2L 용량의 플라스틱 용기에 채수하였고, 세균용 시료는 멸균된 광구병시료병에 채수하여 5ºC이하로 보관하여 실험실로 옮겨 즉시 실험을 실시하였고, 저질은 코아채니기를 이용하여 수질과 같은 조사점에 채니하여 플라스틱 용기에 담아 실험실로 운반 후 실험을 실시하였다.

해수의 물리 화학적 특성 조사

해수의 수온, 염분농도, pH, 투명도 및 용존산소 등은 현장에서(수심 1 m와 5 m 부근) 직접 측정하였고, 부유물질, 화학적 산소요구량 및 영양염류 시료는 실험실로 운반하여 분석하였다. 용존산소 (dissolved oxygen, DO)는 현장에서 DOmeter (YSI Co., Model 58)로, 수온 및 염분농도는 pHmeter (YSI Co., Model 63)로, 투명도는 Secchi disk로 측정하였다. 해수의 화학적산소요구량은 해양환경공정시험기준(국토해양부, 2008)에 따라 측정하였다[16].

영양염류는 Strickland and Parsons (1968)법에 따라 암모니아질소, 질산성질소, 인산인, 등을 분광광도계 (Shimadzu UV-160A)로 측정하였다[17].

해수 중의 TBT분석은 내분비계장애물질 측정분석방법(국

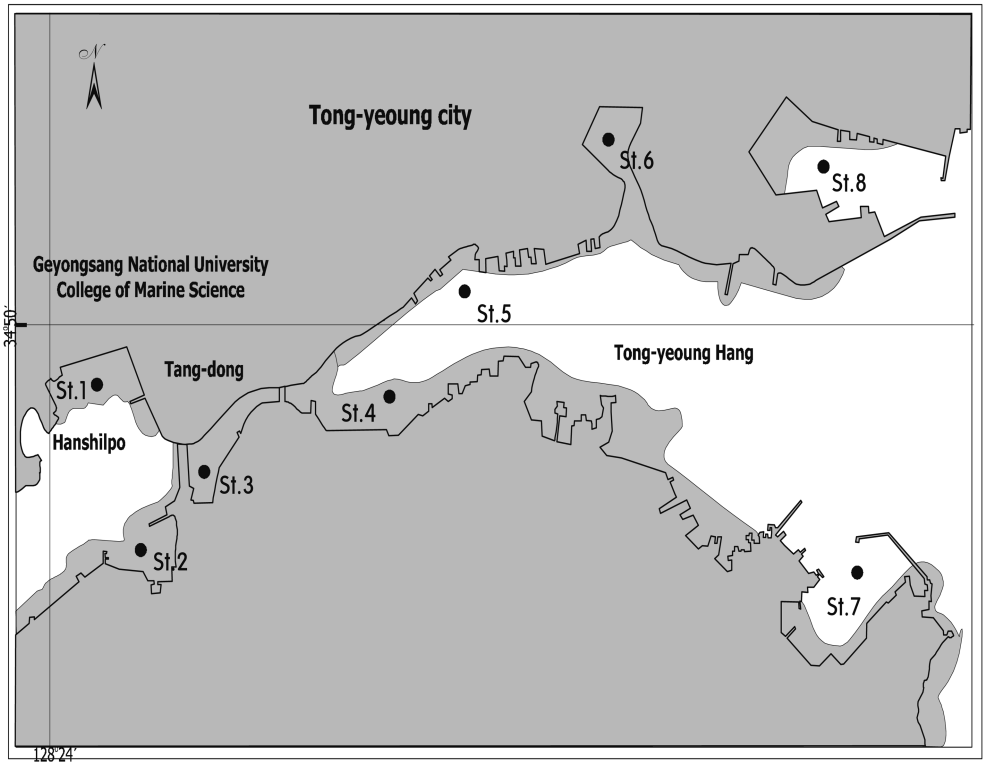

Fig. 1. Location of sampling stations in Tongyeoung harbor, Gyeong-Nam, Korea.

립환경연구원, 2002), 해양환경공정시험기준(국토해양부, 2008)과 일본 외인성내분비교란화학물질조사잠정매뉴얼(環境廳水質保全局水質管理課, 1998)에 준하여 분석하였으며, 분석기기는 GC-MSD(Shimadzu, QP5050A)를 사용하였다[18,19].

대장균군과 분변계대장균

대장균군과 분변계 대장균은 미국 APHA의 Recommended Procedures for the Bacteriological Examiantion of Sea Water and Shellfish(1970)에 따랐다[20]. 추정시험용 배지로는 유당액체(Lauryl tryptose broth, Difco, USA) 배지 10 mL에 시료를 각각 10배 희석법에 따라 희석하여 연속적인 5단계를 선택하였다. 그리고 각 단계마다 5개의 시험관을 사용하였다. 시료가 접종된 시험관은 35.5 ± 0.5°C의 incubator에서 48 ± 3시간 배양하였고, 가스가 발생한 시험관은 확정시험을 실시하였다. 확정시험에는 BGLB (Brilliant Green Bile Broth, Difco, USA) 배지에 접종하여 35.5 ± 0.5°C의 incubator에서 48 ± 3시간 동안 배양하고 양성관에 대해서 MPN법으로 산출하였다.

분변계 대장균은 추정시험에서 가스가 발생한 시험관을 EC (EC Broth, Difco, USA) 배지에 이식한 후 44.5 ± 0.2°C의 water bath에서 24 ± 2시간 배양하여 증식이 되면 확정시험 양성으로 판정하여 MPN법으로 산출하였다.

비브리오균의 분리 및 동정

비브리오의 분리 및 동정은 FDA (Food and Drug Administration, 2004)의 Bacteriological Analytical Manual (BAM)에 준하여 시험하였다[21]. 시료를 Alkaline peptone water (pH 8.5 ± 0.2, 2% Nacl)를 사용하여 증균하고 배양액을 1 백금이 취하여 thiosulfate citrate bile sucrose agar (TCBS agar, Difco, USA)에 도말하여 37°C에서 8~18시간 배양한 후 yellow colony와 green colony를 구분하여 tritle sugar iron (TSI, Difco, USA)agar 사면배지에 접종한 다음 oxidase test를 거쳐 양성인 균주에 대해서만 자동미생물분석기(VITEK, Biomérieux, France)를 이용해 동정하였다.

저질 중의 함수율, 강열감량, COD, AVS 및 중금속

저질은 샘플링을 위해 설정한 8개의 조사점에서 채취하여 함수율, 강열감량, COD, AVS를 측정하였으며 측정방법은 해양환경공정시험기준에 의해 실시하였다.

산휘발성황화합물은 채취한 퇴적물 중 일정량을 청평하여 검지관법을, 미량금속분석은 유도결합플라즈마 질량분석기(ICP-MS, Perkin Elmer, Elan 6000)로 분석하였으며, Hg의 경우는 수은자동분석기(Milestone, AMA-254)로 분석하였다.

횟집 수족관 중의 대장균군과 분변계대장균

횟집 수족관의 대장균군 및 분변계대장균의 조사는 해수의 분석방법과 같이 미국 APHA의 Recommended Procedures for the Bacteriological Examination of Sea Water and Shellfish(1970)에 따랐다. 실험에 이용한 횟집 수족관은 통영항과 인접한 횟집 5곳을 선정하여 월 1회 수족관의 해수를 채수하여 실험실로 운반 후에 즉시 실험하였다.

결과 및 고찰

해수의 월별 물리화학적 특성

통영항에서 해수의 수온, pH, 투명도, 부유물질, 화학적 산소요구량(COD), 용존산소(DO)및 염분농도(Salinity)를 측정한 결과는 Table 1과 같다. 통영항 해수의 수온은 월별로 9월이 25.2 ± 0.15°C로 가장 높았으며, 1월이 6.7 ± 0.22°C로 가장 낮았고, 평균은 17.4 ± 5.77°C로 나타났다. pH는 3

Table 1. The mean values of physiochemical water quality in Tongyeong harbor each month, Gyeong-Nam, Korea, June 2008 - May 2009

Date	Temp. (°C)	pH	Trans. (m)	SS (mg/L)	COD (mg/L)	DO (mg/L)	Sal. (‰)
08'Jun.	20.7	7.36	1.2	41.5	2.16	4.36	31.8
Jul.	23.7	7.50	1.6	41.6	2.48	8.28	32.3
Aug.	24.3	7.30	2.0	39.4	2.54	4.86	32.0
Sep.	25.2	7.56	2.0	38.2	2.22	7.56	32.2
Oct.	19.6	7.89	1.8	37.8	2.92	4.62	32.2
Nov.	17.8	7.71	1.8	35.7	2.44	7.13	31.8
Dec.	11.4	7.90	2.6	33.3	2.84	7.41	31.6
09'Jan.	6.7	8.29	2.6	30.9	2.34	8.27	33.1
Feb.	9.9	7.94	2.6	31.1	1.90	8.46	32.7
Mar.	14.2	8.35	1.6	37.6	2.36	5.63	32.8
Apl.	13.8	8.32	1.5	36.6	2.49	6.48	32.4
May.	17.2	8.35	2.0	34.9	2.92	7.04	32.4
Over all	17.4 ± 5.77	7.87 ± 0.41	1.9 ± 0.46	36.7 ± 5.00	2.36 ± 0.80	6.67 ± 1.54	32.2 ± 0.64

월과 5월이 8.35 ± 0.04로 가장 높았으며, 8월이 7.30 ± 0.36으로 가장 낮았고, 평균은 7.87 ± 0.41로 나타났다. 투명도는 12월부터 2월까지가 2.6 m로 가장 높았으며, 6월이 1.2 m로 가장 낮았고, 평균 1.9 ± 0.46 m로 나타났다. 부유물질을 7월이 41.6 ± 2.75 mg/L로 가장 높았으며, 1월이 30.9 ± 4.01 mg/L로 가장 낮았고, 평균 36.7 ± 5.00 mg/L로 나타났다. COD는 10월이 29.2 ± 1.10 mg/L로 가장 높았으며, 2월이 1.90 ± 0.68 mg/L로 가장 낮았으며, 평균 2.36 ± 0.80 mg/L로 나타났다. DO는 2월이 8.46 ± 0.21 mg/L로 가장 높았으며, 6월이 4.36 ± 0.24 mg/L로 가장 낮았고, 평균 6.67 ± 1.54 mg/L로 나타났다. 염분농도는 1월이 33.1 ± 0.85‰로 가장 높았으며, 12월이 31.6 ± 0.17‰로 가장 낮았고, 평균 32.2 ± 0.64‰로 나타났다. TBT는 검출한계 이하로 나타났다. 월별평균값의 변화는 수온을 제외한 나머지 항목에서는 큰 차이를 보이지 않았다.

조사점별 물리화학적 특성은 Table 2에 나타내었다. 수온은 1번 조사점이 17.4 ± 6.01°C로 가장 높았다. pH는 7번 조사점이 7.95 ± 0.37로 가장 높았고, 투명도는 1번 조사점이 2.3 m로 가장 높았으며 부유물질은 1번 조사점이 38.4 ± 4.13 mg/L로 가장 높았다. COD는 3번 조사점이 2.85 ± 0.88 mg/L로 가장 높았으며 DO는 4번 조사점이 6.93 ± 1.59 mg/L 염분농도는 7번 조사점이 32.5 ± 0.78‰로 가장 높았다. 조사점별로는 1번 정점이 대부분 모든 항목에서 높은 것으로 조사되었다. 1번 조사점인 한실포가 높은 이유는 인평동에서 유입되는 하수관이 있으며 평소에 많은 하수의 유입으로 오염이 지속되는 것으로 판단되었다.

해수 중의 대장균군 및 분변계대장균

통영항 해수 중에서 대장균군 및 분변계대장균의 월별 검출율은 Table 3에 나타내었다. 2008년 6월에 해수 중 대장균군 및 분변계대장균의 검출범위는 각각 4.5~7,900, 4.5~7,900 MPN/100 mL, 기하학적 평균값이 169.5, 101.6 MPN/100 mL, 대장균군 230 MPN/100 mL을 초과하는 시료는 37.5%, 분변계대장균 43 MPN/100 mL을 초과하는 시료는 62.5%로 나타났다. 7월은 14~3,300, 2.0~1,100 MPN/100 mL 기하학적 평균값이 184.6, 51.1 MPN/100 mL, 초과시료는 대장균

Table 2. The mean values of physiochemical water quality in Tongyeong harbor each stations, Gyeong-Nam, Korea, 2008-2009

Date	Temp. (°C)	pH	Trans. (m)	SS (mg/L)	COD (mg/L)	DO (mg/L)	Sal. (‰)	TBT
St. 1	17.4	7.75	2.3	38.4	2.46	6.54	31.8	N.D.
St. 2	17.2	7.83	2.0	35.4	2.25	6.51	32.1	N.D.
St. 3	16.9	7.85	1.9	37.5	2.85	6.74	32.4	N.D.
St. 4	17.0	7.85	1.6	38.0	2.41	6.93	32.2	N.D.
St. 5	17.0	7.88	1.6	38.0	2.80	6.61	32.5	N.D.
St. 6	17.0	7.93	1.6	35.0	2.37	6.47	32.3	N.D.
St. 7	17.1	7.95	2.1	35.2	2.56	6.70	32.5	N.D.
St. 8	17.0	7.94	2.1	35.1	2.23	6.90	32.3	N.D.
Over all	17.0 ± 5.77	7.87 ± 0.41	1.9 ± 0.27	36.6 ± 5.00	2.49 ± 0.80	6.67 ± 1.54	32.3 ± 0.64	N.D.

Table 3. The result of bacteriological examination of seawater in Tongyeong harbor, Gyeong-Nam, Korea, 2008-2009

Date	Coliform group (MPN/100 mL)			Fecal coliform (MPN/100 mL)			No. of Samples
	Range	GM[1]	%, > 230	Range	GM	%, > 43	
'08 Jun.	4.5-7,900	169.5	37.5	4.5-7,900	101.6	62.5	8
Jul.	14-3,300	184.6	50.0	2.0-1,100	51.1	50.0	8
Aug.	220-4,900	890.4	87.5	17-1,700	182.8	87.5	8
Sep.	23-3,300	173.8	25.0	2.0-220	41.0	62.5	8
Oct.	40-1,300	420.3	75.0	11-490	94.7	87.5	8
Nov.	< 1.8-490	69.4	12.5	< 1.8-79	4.6	12.5	8
Dec.	< 1.8-79	14.6	0.0	< 1.8-49	7.1	12.5	8
'09 Jan.	13-700	186.0	50.0	< 1.8-280	24.3	37.5	8
Feb.	130-7,900	1,402.8	87.5	22-1,300	279.9	87.5	8
Mar.	6.1-22,000	54.2	12.5	< 1.8-26	6.1	0.0	8
Apl.	4.5-1,300	95.7	12.5	< 1.8-130	12.8	12.5	8
May.	33-790	144.8	25.0	4.5-130	33.8	62.5	8
Over all	< 1.8-22,000	164.9	39.6	< 1.8-7,900	33.7	47.9	96

[1]GM:Geometric mean

Table 4. The result of bacteriological examination of seawater in Tongyeong harbor, Gyeong-Nam, Korea, June 2008 - May 2009

Station	Coliform group (MPN/100 mL)			Fecal coliform (MPN/100 mL)			No. of Samples
	Range	GM[1]	%, > 230	Range	GM	%, > 43	
St. 1	14.0-7,900	238.4	41.7	6.8-7,900	90.1	66.7	12
St. 2	9.3-2,300	168.7	25.0	2.0-790	44.4	58.3	12
St. 3	< 1.8-22,000	184.9	41.7	< 1.8-280	33.4	50.0	12
St. 4	6.1-1,300	95.4	33.3	< 1.8-280	17.9	25.0	12
St. 5	4.5-2,300	132.8	41.7	< 1.8-490	25.0	50.0	12
St. 6	< 1.8-7,900	302.2	50.0	< 1.8-1,100	44.3	50.0	12
St. 7	4.5-1,300	80.4	33.3	< 1.8-130	13.4	33.3	12
St. 8	13-4,900	238.0	50.0	< 1.8-1,700	47.6	50.0	12
Over all	< 1.8-22,000	164.9	39.6	< 1.8-7,900	33.75	47.9	96

[1]GM:Geometric mean

군, 분변계대장균 모두 50.0%로 나타났다. 8월은 220~4,900, 17~1,700 MPN/100 mL 기하학적 평균값이 890.4, 182.8 MPN/100 mL, 초과시료는 대장균군, 분변계대장균 모두 87.5%로 나타났으며, 9월은 23~3,300, 2.0~220 MPN/100 mL, 기하학적 평균값이 173.8, 41.0 MPN/100 mL, 초과시료는 25.0%, 62.5%로 나타났다. 10월은 40~1,300, 11~490 MPN/100 mL, 기하학적 평균값이 420.3, 94.7 MPN/100 mL, 초과시료는 75.0%, 87.5%로 나타났다. 11월은 < 1.8~490, < 1.8~79 MPN/100 mL, 기하학적 평균값이 69.4, 4.6 MPN/100 mL, 초과시료는 대장균군, 분변계대장균 모두 12.5%로 나타났다. 12월은 < 1.8~79, < 1.8~49 MPN/100 mL 기하학적 평균값이 14.6, 7.1 MPN/100 mL, 초과시료는 대장균군은 없었으며, 분변계대장균은 12.5%로 나타났다. 2009년 1월은 13~700, < 1.8~280 MPN/100 mL 기하학적 평균값은 186.0, 24.3 MPN/100 mL, 초과시료는 50.0%, 37.5%로 나타났다. 2월은 130~7,900, 22~1,300 MPN/100 mL, 기하학적 평균값은 1,402.8, 279.9 MPN/100 mL, 초과시료는 대장균군, 분변계대장균 모두 87.5%로 나타났다. 3월은 6.1~22,000, < 1.8~26 MPN/100 mL, 기하학적 평균값은 54.2, 6.1 MPN/100 mL, 초과시료는 대장균군은 12.5%로 나타났으며, 분변계대장균은 초과하는 시료가 없었다. 4월은 4.5-1,300, < 1.8~130 MPN/100 mL, 기하학적 평균값은 95.7, 12.8 MPN/100 mL, 초과시료는 대장균군, 분변계대장균 모두 12.5%로 나타났다. 5월은 33~790, 4.5~130 MPN/100 mL, 기하학적 평균값은 144.8, 33.8 MPN/100 mL, 초과시료는 25.0% 62.5%로 나타났다.

조사기간 중에 대장균군은 < 1.8~22,000, 분변계 대장균은 < 1.8~7,900, 기하학적 평균은 164.9, 39.6 MPN/100 mL 이었고, 230, 43 MPN/100 mL를 초과하는 시료는 각각 39.6%와 47.9%이었다.

조사지점별 대장균군 및 분변계 대장균은 Table 4와 같다. 조사점별로는 3번 조사점이 < 1.8~22,000 MPN/100 mL의 넓은 범위를 나타내었으며, 대장균군의 기하학적 평균값은 7번 조사점에서 302.2 MPN/100 mL, 분변계대장균은 1번 조사점에서 90.1 MPN/100 mL 로 가장 높게 나타났다.

조사해역인 통영항은 전형적인 해수의 계절별 대장균 결과와 다소 다르게 나타났다. 이는 해수의 이동의 적고, 육지와 밀집해 있어 육지의 오염원에 영향을 많이 받고 있는 것으로 추정되었다.

미국 NSSP 규정(NSSP Model Oridiance Chapter IV, @.02F)에 따르면 청정해역 해수의 기준은 분변계대장균의 기하학적 평균이 14 MPN/100 mL를 초과하지 않고, 분변계대장균이 43 MPN/100 mL 초과시료가 10% 미만을 만족하여야 한다고 규정하고 있다. 조사해역인 통영항은 이 결과에 크게 벗어나는 것으로 나타나서 관리해역에 해당되는 것으로 판단되었다. 우리나라에서도 정착성 수산물 생산해역 위생관리 기준 고시(안)에서 청정해역, 준청정해역, 관리해역, 금지해역으로 수질기준을 설정할 예정인데 관리해역은 분변계 대장균 수의 최확수(MPN) 중앙값 또는 기하학적 평균치가 88/100 mL을 초과하지 않아야 하며, 260/100 mL를 초과하는 시료수가 10%를 넘지 않아야 한다고 고시할 예정인데, 이 안에 따르면 통영항은 관리해역에 해당되는 것으로 판단되었다.

통영항의 대장균군에 대한 분변계 대장균의 검출율은 68.9%이었는데 Kim 등[22]이 부산 해운대, 송정 해역에서 71.4%로 보고한 결과와 비교하여 보면 통영항의 결과와 비슷한 것으로 나타났다. 그러나 오염의 정도는 통영항이 높은 것으로 나타났다.

일반적으로 연안해역의 오염은 연안에서 유입되는 생활오·하수와 분변성 하수가 유입되어 수산물 생산해역을 오염시킨다고 보고하고 있다[6,7]. Chang 등[8]이 득량만 해수의 세균학적 수질의 보고에서 강우시 양식장 인근 배수 유역의 인가, 가축, 농토 등으로부터 씻겨 내려오는 오염원이 그 해역을 오염시켜 세균학적 수질에 크게 영향을 미쳤다고 보고한바 있다. 통영항의 경우도 시가지에서 유입되는 다양한 오염원이 통영항의 오염에 영향을 미치고 있는 것으로 판단되었다.

해수 중의 비브리오균의 검출

통영항 해수 중에서 비브리오균의 분리 및 검출 결과는 Table 5에 나타내었다. 이 결과는 비브리오균이 검출되지 않는 12월에서 5월은 제외하고 6월과 10월의 결과 만을 정리하였다.

6월부터 11월까지 통영항에서 분리된 비브리오 균주는 총 240였다. 분리된 균주는 VITEK system으로 동정한 결과 분리된 균종은 *V. parahaemolyticus, V. vulnificus, V. cholerae non-O1*과 *V. mimicus, V. alginolyticus* 5종이었다. 비브리오 종의 분포는 총 240균주 중 *V. alginolyticus*가 82주로 34.2%를 차지하여 가장 많이 검출되었고, 그 밖에 *V. parahaemolyticus*가 33주로 13.8%, *V. vulnificus* 10.0%, *V. cholerae non-O1*이 0%, *V. mimicus* 12.5%가 검출되었다. 가장 많이 검출된 *V. alginolyticus*는 연안해역에 널리 분포하는 균종으로, 사람에서는 일부 중이염 발병원인이 되는 경우가 있으며, 양식 어류에 질병을 유발한다는 일부 보고가 있다[24,25]. 따라서 이들의 모니터링이 요구되었다.

Kim 등[23]이 부산시 소재 해수욕장 해수의 용혈성 비브리오균 분포 연구에서 6월부터 9월까지의 조사에서 7월과 8월에만 비브리오균이 검출되었다고 보고하였다. 그러나 통영항은 여름철인 6월부터 8월까지 뿐만아니라 9월에서 11월까지도 비브리오균이 검출되어 비브리오균에 대한 지속적인 모니터링이 필요할 것으로 판단되었고, 여름철 뿐만 아니라 가을철에도 주의를 해야 할 것으로 판단되었다.

저질의 화학적 특성

통영항 저질 중의 함수율(water content), 강열감량(IL, ignition loss), 화학적 산소요구량(COD, chemical oxygen demand), 산휘발성황화합물(AVS, acid volatile sulfide)을 측정한 결과는 Table 6에 나타내었다.

통영항의 저질 중 함수율은 41.04~57.40% 로서 평균 56.63 ± 5.51%를, 강열감량은 6.76~10.46%, 평균 9.20 ± 1.36%를 나타내었다. COD는 6.26~9.30 mg O_2/g, 평균 7.64 ± 1.13 mg O_2/g을 나타내었다. AVS는 0.04-0.09 mg S/g, 평균 0.07 ± 0.02 mg S/g을 나타내었다.

이 결과는 Hwang 등[27]이 마산항 표층퇴적물의 유기물 및 금속원소의 분포 조사에서 함수량은 43~73%, IL은 7.2~14.3%(11.2 ± 1.6%), COD는 11.3~29.9 mg O_2/g(평균 13.6 ± 3.9 mg O_2/g), AVS는 0.20~4.47 mg s/g·dry로 보고한바 있다. 이 결과와 비교하여 보면 함수율과 강열감량은 비슷하였으나, COD와 AVS는 마산항의 표층퇴적물에 비하여 통영항 저질이 낮은 것으로 나타났다. 또한 Park 등[28]이 부산항에서 강열감량이 6.3~18.5%로 보고하였는데 이보다 낮은 농도를 나타내었다.

Table 6. The mean value of chemical oxygen demand (COD), acid volatile sulfide (AVS) and ignition loss (IL) in the sediment in Tongyeong harbor, Gyeong-Nam, Korea, June 2008 - May 2009

Station	Water content (%)	IL (%)	COD (mg/g)	AVS (mg/g)
	means	means	means	means
St. 1	57.40	9.61	6.51	0.08
St. 2	50.97	8.63	7.88	0.04
St. 3	49.11	7.76	9.30	0.05
St. 4	41.04	6.76	8.26	0.09
St. 5	56.31	10.23	7.75	0.09
St. 6	55.09	10.46	6.26	0.08
St. 7	54.23	10.43	8.71	0.07
St. 8	56.86	9.70	6.48	0.08
Means	56.63 ± 5.51	9.20 ± 1.36	7.64 ± 1.13	0.07 ± 0.02

연안해역이나 양식이 활발하게 이루어지고 있는 어장주변 해역에서 퇴적환경의 악화나 어장의 노화 현상 등은 주로 생분해성 유기물에 의하여 이루어지기 때문에 COD와 AVS는 퇴적물의 오염을 평가하는 기준으로 널리 이용되고 있다[29]. 특히 AVS는 저서생물이나 어장환경에 큰 영향을 미치기 때문에 중요한 화학적 지시자이다[30]. 따라서, 오염된 저서환경의 척도로서 생물이 정상적인 활동에 제한을 가져오거나 부영양화의 기준값으로 일본에서는 퇴적물중 COD와 AVS의 농도를 각각 20 mg O_2/g·dry와 0.20 mg S/g·dry로 제시하고 있다. 이를 기준으로 비추어 볼 때 통영항 표층 퇴적물 내 유기물의 오염정도는 COD와 AVS 모두 일본의 수산환경 퇴적물 기준치인 20 mg O_2/g·dry, 0.20 mg S/g·dry를 초과하지는 않았으나, 앞으로 지속적인 관리가 요구되었다.

Table 5. Monthly variation of detection ratio of pathogenic vibrios from seawater in Tongyeong harbor, Gyeong-Nam, Korea, 2008

Vibrios	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Total(%)
	P/N[1]	P/N	P/N	P/N	P/N	P/N	P/N
V. parahaemolyticus	5/40	8/40	11/40	6/40	3/40	0/40	33(13.8)
V. vulnificus	2/40	6/40	8/40	6/40	2/40	0/40	24(10.0)
V. cholerae non-O1	0/40	0/40	0/40	0/40	0/40	0/40	0(0.0)
V. mimicus	11/40	5/40	6/40	5/40	2/40	1/40	30(12.5)
V. alginolyticus	21/40	18/40	15/40	16/40	10/40	2/40	82(34.2)

P/T[1] : Number of positive strains/Number of tested strains

저질 중의 중금속 함량

통영항 저질 중의 중금속 함량은 Table 7에 나타내었다. 카드뮴(Cd)은 0.03~0.019 mg/kg, 평균 0.10 ± 0.05 mg/kg, 구리(Cu)는 0.45~24.69 mg/kg, 평균 4.79 ± 8.20 mg/kg, 비소(As)는 1.72~2.21 mg/kg, 평균 1.95 ± 0.17 mg/kg을, 수은(Hg)은 0.06~0.28 mg/kg, 평균 0.10 ± 0.07 mg/kg을 나타내었다. 6가 크롬(Cr^{6+})은 0.14~0.68 mg/kg, 평균 0.34 ± 0.12 mg/kg을 나타내었다. 아연(Zn)은 110.60~162.10 mg/kg의 범위에서 평균 125.33 ± 16.40 mg/kg을 나타내었다. 니켈(Ni)은 13.49~18.90 mg/kg, 평균 16.43 ± 1.93 mg/kg을 나타내었다. Hwang 등[27]이 마산만의 중금속 함량은 Zn 321.92, Cu 73, Cd 1.37 및 Hg 0.14 mg/kg 으로 보고 하였는데, 통영항의 저질은 이들의 결과보다는 다소 낮게 나타났다. 통영항의 저질은 중금속에 의한 오염이 높지 않은 것으로 나타났으며, 기존에 연구되었던 영일만과 광양만, 새만금, 시화호, 마산만 등 다른 해역에서 측정된 금속원소들의 평균 농도보다는 낮은 농도를 보였다.

횟집 수족관의 세균학적 결과

통영항 주변의 횟집은 수족관에 사용하는 해수를 통영항에서 직접 채수하여 사용하고 있기 때문에 수족관의 세균학적 위생 상태를 분석하는 것이 중요하다고 판단되었다.

이 연구에서는 통영항 주변의 횟집 5곳을 선정하여 수족관에서 월 1회 채수하여 1년간 위생지표세균을 실험하였으며, 그 결과는 Table 8과 같다.

A횟집의 대장균군 및 분변계대장균은 < 1.8~170, < 1.8~26 MPN/100 mL이었으며 평균값이 27.6, 7.2 MPN/100 mL, B횟집은 < 1.8~220, < 1.8~79 MPN/100 mL, 평균값이 36.3, 18.0 MPN/100 mL, C횟집은 < 1.8~330, < 1.8~110 MPN/100 mL, 평균값이 46.5, 19.4 MPN/100 mL, D횟집은 < 1.8~790, < 1.8~130 MPN/100 mL, 평균값이 151.8, 34.1 MPN/100 mL, E횟집은 < 1.8~240, < 1.8~70 MPN/100 mL, 평균값이 32.2, 11.6

Table 7. The content of heavy metal in the sediment at Tongyeong harbor, Gyeong-Nam, Korea, 2008-2009 for each statons

Station	Heavy metal (mg/kg)						
	Cd	Cu	As	Hg	Cr^{6+}	Zn	Ni
St. 1	0.11	24.69	1.84	0.10	0.26	121.95	15.33
St. 2	0.16	2.13	1.89	0.07	0.29	121.00	13.49
St. 3	0.09	3.08	1.72	0.08	0.32	130.25	14.29
St. 4	0.12	1.36	2.16	0.06	0.43	127.45	16.57
St. 5	0.07	0.72	1.84	0.09	0.68	118.15	17.44
St. 6	0.19	5.29	2.21	0.28	0.14	162.10	18.90
St. 7	0.03	0.62	1.93	0.06	0.52	110.60	18.47
St. 8	0.06	0.45	2.01	0.06	0.41	111.10	16.94
Min	0.03	0.45	1.72	0.06	0.14	110.60	13.49
Max	0.19	24.69	2.21	0.28	0.68	162.10	18.90
Means	0.10 ± 0.05	4.79 ± 8.20	1.95 ± 0.17	0.10 ± 0.07	0.34 ± 0.12	125.33 ± 16.40	16.43 ± 1.93

Table 8. The result of bacteriological examination in seawater tank at restaurant specializing in sliced raw fish around Tongyeong harbor, Gyeong-Nam, Korea, 2008-2009 for each month

Date	A		B		C		D		E	
	TC[1]	FC[2]	TC	FC	TC	FC	TC	FC	TC	`FC
'08 Jun.	27	7.8	21	17	33	14	490	130	6.8	4.5
Jul.	49	23	110	79	130	79	350	79	240	49
Aug.	170	26	220	78	330	110	790	110	110	70
Sep.	49	7.8	33	9.2	11	9.3	17	6.8	14	< 1.8
Oct.	4.5	< 1.8	6.8	< 1.8	9.3	< 1.8	6.8	< 1.8	< 1.8	< 1.8
Nov.	2.0	< 1.8	4.0	< 1.8	6.8	< 1.8	7.8	< 1.8	< 1.8	< 1.8
Dec.	2.0	< 1.8	< 1.8	< 1.8	2.0	< 1.8	4.5	< 1.8	< 1.8	< 1.8
'09 Jan.	< 1.8	< 1.8	< 1.8	< 1.8	< 1.8	< 1.8	<1.8	< 1.8	< 1.8	< 1.8
Feb.	< 1.8	< 1.8	< 1.8	< 1.8	< 1.8	< 1.8	< 1.8	< 1.8	< 1.8	< 1.8
Mar.	6.8	2.0	2.0	< 1.8	2.0	< 1.8	21	2.0	< 1.8	< 1.8
Apl.	6.8	4.0	14	11	14	4.0	110	64	< 1.8	< 1.8
May.	11	7.8	23	11	17	6.8	21	9.3	4.0	2.0
Mean	27.6	7.2	36.6	18.0	46.5	19.4	151.8	34.1	32.2	11.6

TC[1] : Total coliform ; FC[2] : Fecal coliform

MPN/100 mL로 각각 나타났다.

횟집 수족관에서 분석한 대장균군 및 분변계대장균은 7월과 8월이 조사기간 중 가장 높은 수치를 나타내었다. 여름철에 대장균군 및 분변계대장균의 검출이 많이 된 것은 기온과 관련이 있는 것으로 추측되었다. 따라서 여름철에는 횟집 수족관의 철저한 관리가 요구되었다.

횟집별로 대장균군과 분변계대장균의 검출율을 비교한 결과는 A횟집이 26.2%, B횟집은 49.1%, C횟집은 41.7%, D횟집은 22.5%, E횟집은 36.0%로, 전체적으로 30.6%의 검출율을 보였다.

이들의 결과는 해수에서 68.9% 검출된 것에 비하여 38.3% 낮은 검출율을 보여 수족관은 여과장치나 기타 정화장치를 통하여 다소 정화되고 있는 것으로 판단되었다. 수족관에서 대장균군의 검출은 주변 해수와 뚜렷한 관련성을 찾아 볼 수는 없었으나 여름철의 횟집 수족관의 관리가 철저히 요구되었다.

요 약

이 연구는 통영항 내의 해수와 저질의 특성과 주변횟집의 수질의 품질 특성에 대하여 2008년 6월부터 2009년 5월까지 월 1회 조사를 실시하였으며 그 결과는 다음과 같다. 통영항의 해양수온은 평균 17.4 ± 5.77°C, 투명도 평균 1.9 ± 0.46 m, 부유물질 36.7 ± 5.00 mg/L, COD 2.36 ± 0.80 mg/L, DO 6.67 ± 1.54 mg/L, 염분농도 32.3 ± 0.64‰를 각각 나타내었다.

아질산 질소는 0.010 ± 0.005 mg/L, 질산 질소 0.050 ± 0.011 mg/L, 암모니아 질소 0.030 ± 0.007 mg/L, 인산 인 0.050 ± 0.006 mg/L로 각각 나타났으며, TBT는 검출한계 이하로 검출되었다.

통영항 해수 중의 total coliform은 조사기간 중 < 1.8~22,000 MPN/100 mL 범위에 기하학적 평균값이 164.9 MPN/100 mL 이었고 230 MPN/100 mL을 초과하는 비율은 39.6%를 나타내었다. fecal coliform은 < 1.8~7,900 MPN/100 mL범위에 기하학적평균값은 33.7 MPN/100 mL, 43 MPN/100 mL을 초과하는 비율은 47.9%로 조사되었다. total coliform에 대한 fecal coliform 검출 비율은 69.2%로 나타났다.

통영항 해수 중의 비브리오는 6월부터 11월에 240주가 검출되었으며, *V. alginolyticus*가 82주로 34.2%를 차지하여 가장 많이 검출되었고, 그 밖에 *V. parahaemolyticus*가 13.8%, *V. vulnificus* 10.0%, *V. cholerae* non-O1이 0%, *V. mimicus* 12.5.%가 검출되었다.

저질 특성은 함수율이 56.63 ± 5.51%, 강열감량 9.20 ± 1.36%, COD 7.64 ± 1.13 mg/g, AVS 0.07 ± 0.02 mg/g으로 다른 해역에 비하여 다소 높게 나타났다. 중금속의 함량은 카드뮴(Cd)은 0.10 ± 0.05, 구리(Cu) 4.79 ± 8.20, 비소(As) 1.95 ± 0.17, 수은(Hg) 0.10 ± 0.07, 납은 불검출, 6가크롬은 (Cr^{6+}) 0.34 ± 0.12, 아연(Zn) 125.33 ± 16.40, 니켈(Ni) 16.34 ± 1.93 mg/kg을 나타내었다.

통영항 주변 횟집의 total coliform 및 fecal coliform은 횟집에 따라서 다소 차이가 있었지만 여름철에 주로 검출되었으며, 여름철 집중관리가 요구되었다.

참고문헌

1. Jensen, E.T.: Shellfish and public health. *J. Milk and Food Tech.,* **19**, 281~283 (1966).
2. Sherwood, H.P.: Some observation of the viability of sewage bacteria in relation to self-purification of mussels. *Proceeding of Soc. for Appl. Bact.* **15**, 21~28 (1952).
3. Cho, C.H. and Y.S. Kim: Micro environment in oyster farm area, 1. On the eutrophication and raft density in Geoje Bay. *J. Kor. Fish. Soc.*, **10**, 259-265 (1997).
4. Chang, D.S., I.S. Shin, S.T. Choi and Y.M. Kim: Distribution and bacteriological characteristics of *Vibrio vulnificus*. *J. Kor. Fish. Soc.*, **19**, 118-126 (1986).
5. Choi, J.D.: Distribution of marine bacteria and coliform groups in Puksin Bay, Korea. *J. Kor. Fish. Soc.*, **28**, 202-208 (1995).
6. Choi, J.D. and W.G. Jeong: A bacteriological study on the sea water and oyster in Puk Man, Korea. *Korean J. Malacol.*, **14**, 19-26 (1998).
7. Choi, J.D.: Marine bacteriological quality and dynamics in Tongyeong coastal area, gyung-nam, *Korea. J. Food Hyg. Safety*, **14**(4), 372-379 (1999).
8. Chang, D.S., E.T. Jeong, H.S. Yu, E.W. Lee and S.M. Lim: Bacteriological quality of sea water in Deukryang Bay, Korea. *J. Kor. Fish., Soc.,* **31**, 77-81 (1998).
9. Jeong, I.G, J.H. Park, H.Y. Yoo and J.D. Choi: Sanitary survey of sea water and oyster in the south coastal designated area. *J. Ins. Marine Industry*, **17**, 29-37 (2004).
10. Son, K.T., E.G. Oh, T.S. Lee, H.J. Lee, P.H. Kim and J.H. Kim: Survey of sanitary indicative bacteria and pathogenic bacteria in fish farms on the southern coast of Korea. *J. Kor. Fish., Soc.,* **38**(6), 359-364 (2005).
11. Shim, K.B. K.S. Ha, H.D. Yoo, J.H. Kim and T.S. Lee: Evaluation of the Bacteriological safety for the shellfish growing area in Jaranman - Saryangdo area, Korea. *J. Kor. Fish., Soc.,* **42**(5), 442-448 (2009).
12. Ha, K.S., K.B. Shim, H.D. Yoo, J.H. Kim and T.S. Lee: Evaluation of the Bacteriological safety for the shellfish growing area in Hansan-Geojeman, Korea. *J. Kor. Fish., Soc.,* **42**(5), 449-455 (2009).
13. Kim, G.S.: The characteristics of water quality in Mokpo harbor(II). *J. kor. soc. Mar. Environ. Safety*, **3**(2), 51-61 (1997).
14. Park, J.H, S.Y. Park, Y.H.Lee, D.M. Choi and S.Y. Lee: Seasonal and year-to-year variations of water quality in Mokpo harbor area by the long-term monitoring. *J. kor. soc. Mar. Environ. Safety*, **11**(2), 97-102 (2005).
15. Choi, J.D. and W.G. Jeong: Bacteriological and physiochemical water quality of seawater in Tongyeong harbor, Korea. *J. Kor. Fish., Soc.,* **34**(6), 611-616 (2001).

16. 국토해양부 : 해양환경공정시험기준 (2008).
17. Strickland, J.D.H. and T.R. Parsons: A Practical Handbook of Seawater. Fish. Res. Board of Canada. Office of the editor 116 Ligar street, Ottawa 4, Ontario, Canada, pp. 311 (1968).
18. 국립환경연구원 : 내분비계교란물질 측정분석방법 (2002).
19. 環境廳水質保全局水質管理課 : 外因性內分泌攪亂化學物質調査暫定 マニュアル. (1998).
20. APHA: Recommended Procedures for the Bacteriological Examination of Sea Water and Shelfish. American Public Health Association, U.S.A., 17-51 (1970).
21. Food and Drug Administration: Bacteriological Analytical Manual. AOAC International, Rockville, MD, U.S.A. (2004).
22. Kim, Y.M., K.H. Kim and H.J. Park: Comparative analysis of total and fecal coliforms in sea water. *J. Kor. Fish., Soc.,* **40**(5), 288-292 (2007).
23. Kim, Y.M., M.W. Kim, E.G. Oh, and Kwon E.S.: Distribution of emolytic Vibrio sp. in sea water of the beaches of Busan during mid-summer. *J. Kor. Fish. Soc.* **40**(5), 293-299 (2007).
24. Larsen, J.L., A.F. Farid and I. Dalsgaard: Occurrence of Vibrio parahaemolyticus and Vibrio alginolyticus in marine and estuarine bathing areas in Danish coast. *Zent. Bakteriol. Mikrobiol. Hyg.*, **173**, 338-345 (1981).
25. Barbieri, E., I. Falzano, C., Fiorentini, A. Pianetti, W. Baffone, A. Fabbri, P. Matarrese and A. Casiere: Occurrence, diversity, and pathogenicity of Vibrio spp. and non-O1 Vibrio cholerae from estuarine waters along the Italian Adriatic coast. *Appl. Environ. Microbiol.,* **65**, 2748-2453 (1999).
26. Matsiota, P. and C. Nauciel: Vibrio alginolyticus wound infection after exposure to seawater in an air crash. European *J. Clin. Microb. Infec. Dis.*, **12**, 474-475 (1993).
27. Hwang D.W., H.G. Jin, S.S. Kim, J.D. Kim, J.S. Park and S.G. Kim: Distribution of organic matters and metallic elements in the surface sediments of Masan harbor, Korea *J. Kor. Fish. Soc.* **39**(2), : 106-117 (2006).
28. Park, Y.C., H.S. Yang, P.Y. Lee and P.J. Kim: Environmental characteristics of the seawater and surface sediment in the vicnity of Pusan Harbor area in winter. *J. Kor. Fish. Soc.*, **28**, 577-588 (1995).
29. Hyun, S., W.H. Paeng and T. Lee: Characteristics of surficial sediment and benthic environments based on geochemical data in Gwangyang Bay, Korea. *Kor. J. Environ. Biol.*, **22**, 93-102 (2004).
30. Yokoyama, H.: Environmental quality criteria for aquaculture farms in Japanese coastal area-a new policy and its potential problems. *Bull. Natl. Res. Inst. Aquacult.*, **29**, 123-134 (2000).