J. Korean Fish. Soc. 31(1), 77~81, 1998 한수지, 31(1), 77~81, 1998

득량만 해수의 세균학적 수질

장동석 · 정은탁 · 유홍식 · 이은우 · 임성미
부경대학교 식품공학과

Bacteriological Quality of Sea Water in Deukryang Bay, Korea

Dong-Suck CHANG, Eun-Tak JEONG, Hong-Sik YU, Eun-Woo LEE and Sung-Mee LIM
Department of Food Science and Technology, Pukyong National University, 608-737, Pusan, Korea

A bacteriological study of sea water in Deukryang Bay was conducted to evaluate sanitary conditions of the bay and compliance of waters with the recommended bacteriological criteria for the designated area of shellfish cultivation. Sea water samples were collected at the established sampling stations (Fig. 1) from May 1995 to November 1996.

During the study period, coliform group, fecal coliform, classification of coliform group with IMViC reactions and pathogenic vibrios were analyzed. Coliform group and fecal coliform MPN's were ranged from <3.0~4,600 /100 ㎖ and <30~1,100/100㎖, respectively.

The bacteriological criteria of sea water in shellfish growing area should be less than 70 per 100㎖ of sea water for median value of coliform MPN, and below 10% of the samples which contain over than 230 for coliform MPN or over than 43 for fecal coliform MPN. Most of the waters from 26 sampling stations were complied water coliform criteria recommended for designated shellfish growing area. Then, the ratios of the samples with more than 230/100㎖ of coliform group MPN and more than 43/100㎖ of fecal coliform MPN were 7.4% and 8.5%, respectively.

The bacterial density of the sea water was deeply affected by rainfall amount. For example, coliform bacterial counts of sea water after 48 hours from 93 mm rainfall were 6~7 times higher than those of without rainfall.

During the study period, infectious bacteria such as *Vibrio cholerae, Salmonella* sp. and *Shigella* sp. were not detected from the samples, but detection ratios of *Vibrio parahaemolyticus* and *Vibrio vulnificus* were 15~20% in summer months.

Key words : designated area, coliform group, *Vibrio parahaemolyticus, Vibrio vulnificus*

서 론

굴을 비롯한 홍합, 피조개, 바지락 등 패류는 육수의 유입, 공장 폐수, 기타 오물에 오염되기 쉬운 연안 해역에 정착하여 서식하므로 보다 효율적인 위생관리가 필요하다. 사실 오염된 해역에서 생산된 패류는 장질환의 원인이 되고 있다는 것은 오래 전부터 잘 알려진 것이 사실이며 (Jensen, 1996; Sherwood, 1952), 패류는 섭이활동을 통하여 그들 주위의 해수 중에 부유하고 있는 인체에 유해한 세균이나 virus 뿐만 아니라 여러 가지 공해물질을 섭취하고 이들 물질을 쉽게 축적한다는 점이나 또 패류는 패각을 제외하고 장기관을 포함한 전 생체를 식용하고 있다는 점에서 패류서식지 해수의 위생적인 관리는 중요한 문제이다.

우리나라에서 양식장이나 연안 해수에 대한 세균학적 연구보고는 많으나 (MacGinitie, 1941; Choi et al., 1974; Yoo et al., 1980; Kim et al., 1969), 그 지역이 거제만, 자란만, 산양면, 용남면 등 경남일원의 패류양식장에 집중되어 있을 뿐, 다른 지역에 대한 연구보고는 거의 없는 실정이다. 특히 전남 득량만은 패류양식해역으로 아주 적합한 지역임에도 불구하고 세균학적 수질에 대한 연구보고는 전무하다.

따라서 본 연구에서는 득량만 해수에 대하여 위생지표세균, 수인성 전염병균, 병원성 비브리오균 등을 조사하고 아울러 미국이나 EU시장에 수출할 수 있는 패류생산지정해역으로서 세균학적 수질이 합당한가를 검토하였다.

재료 및 방법

1. 조사해역 및 채시지점

조사해역은 전라남도 고흥군과 보성, 장흥을 마주보고 있는 득량만인데 외양쪽으로는 거금도까지의 내만에 26개의 해수 채시지점을 설정하여 1995년 5월부터 1996년 11월까지 해수에 대한 세균학적 실험을 실시하였으며 Fig. 1에 나타낸 것과 같이 채시지점별로 묶어서 4개의 소해역으로 구분 검토하였다.

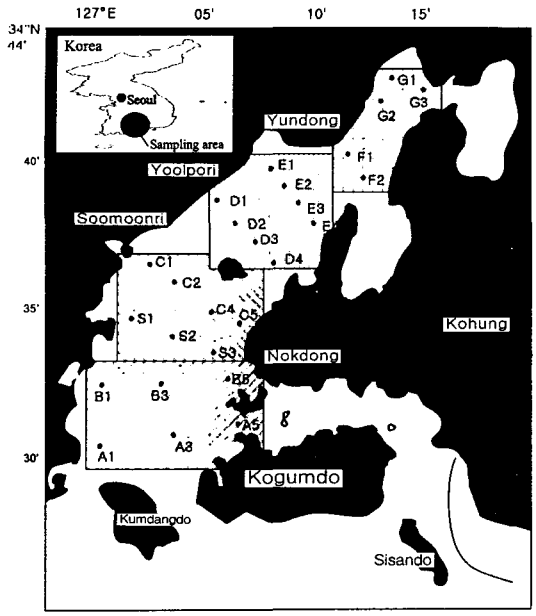

Fig. 1. The sampling stations by zone in Deukryang bay, Jeon-nam, Korea.
Zone I : station A1, A3, A5, B1, B3, B5
Zone II : station S1, S2, S3, C1, C2, C3. C4
Zone III : station D1, D2, D3, D4, E1, E2, E3, E4
Zone IV : station F1, F2, G1, G2, G3

2. 실험방법

수온, 염분, pH 등은 상법에 준하였으며, 병원성 세균 분석 시험은 미국 FDA (1992)의 Bacteriological Analytical Manual에 준하였다. 대장균군 (이하 coliform group)과 분변계 대장균 (이하 fecal coliform)은 미국 APHA의 Recommended Procedures for the Bacteriological Examination of Sea Water and Shellfish (1962)에 따랐다.

결과 및 고찰

1. 득량만 해수의 일반적 성상

실험기간 중의 득량만의 표면 해수에 대한 수온, 염분, pH 측정결과는 Table 1과 같다.

Table 1. Environmental data of sea water in Deukryang Bay, Jeon-Nam, Korea

Sampling	date	Temp. (℃)	pH	Salinity (‰)
1995	May 5,	16.2~17.5	7.90~8.09	29.26~30.23
	Jul. 5,	23.2~25.7	7.90~8.13	30.38~31.54
	Jul. 25,	24.0~27.0	7.90~8.06	28.25~29.97
	Aug. 30,	24.0~28.0	8.00~8.08	30.12~30.83
	Sep. 25,	20.0~21.5	7.90~8.03	31.34~31.85
	Oct. 30,	15.0~17.5	8.00~8.10	31.21~32.37
	Nov. 23,	12.0~13.5	7.90~8.06	30.58~31.46
1996	Jun. 27,	20.0~21.5	7.22~8.12	29.16~30.35
	Jul. 25,	24.0~26.0	7.95~8.21	30.22~31.35
	Aug. 30,	25.5~26.9	8.04~8.19	30.02~31.34
	Nov. 27,	10.0~12.5	8.10~8.22	30.60~31.48

수온은 12.0℃~28℃ 범위로서 월별에 따라 다소 차이가 있겠으나 6월부터 9월까지는 20℃ 이상으로 병원성 비브리오균이 증식하는데 충분한 조건이었으며, pH 값은 전 조사기간을 통하여 7.22~8.19의 범위였으며 염분농도는 29.16~32.37‰였다.

염분농도는 월별에 따른 뚜렷한 차이는 없으나 우기가 건기에 비하여 약간 낮은 경향을 나타내었으며 전반적으로 염분농도는 장염 비브리오 균의 증식에는 알맞으나 10‰부근의 염분농도에서 잘 증식하는 패혈증 비브리오 균이나 NAG Vibrio 증식에는 약간 높은 경향을 나타내었다.

2. 해수의 세균학적 수질

1) 위생지표세균의 오염현황

득량만 해수에 대한 대장균군, 분변계 대장균 실험결과를 소해역으로 구분하여 Table 2에 나타내었다.

해역전체로 볼 때 대장균군 오염도는 해수 100㎖최확수의 중앙치는 <3.0이하였으며 최고치는 4,600에 달하였으며 분변계 대장균의 중앙치는 <3.0이었고 최고치는

Table 2. MPN's of total coliform and fecal coliform of sea water in Deukryang bay, Jeon-Nam, Korea (1995~1996)

Area	Coliform group MPN/100 ㎖			Fecal coliform MPN/100 ㎖			No. of
	Median	Range	%, >230	Median	Range	%, >43	Samples
Zone I	<3.0	<3.0~ 460	7.6	<3.0	<3.0~ 460	7.6	66
Zone II	<3.0	<3.0~ 460	2.5	<3.0	<3.0~ 93	5.2	77
Zone III	<3.0	<3.0~1,100	5.7	<3.0	<3.0~ 150	9.1	88
Zone IV	<3.0	<3.0~4,600	19.5	<3.0	<3.0~1,100	14.6	41
Over all	<3.0	<3.0~4,600	7.4	<3.0	<3.0~1,100	8.5	272

※ Zones are same as indicated in Fig. 1.

1,100이었다. 미국의 FDA에서는 패류 양식장의 위생학적 수질에 따라 허가해역, 조건부 허가해역, 제한해역, 금지해역 등으로 나누는데 (FDA, 1995), 우리나라에서는 허가해역에 해당하는 지역을 청정해역으로 취급하여 수출용 패류생산 지정해역으로 정하고 있다 (농림부, 1997).

본실험결과 수출용 패류생산지역해역의 허가기준인 대장균군 230/100㎖를 초과하는 시료는 20개로 8.5%에 지나지 않았다. 따라서 최확수의 중앙값도 70을 초과하지 않았고 기준초과시료수도 10%미만이므로 허가해역의 세균학적 수질기준에 합당하였다. 이들을 소해역별로 구분하였을 때 득량만 외해 쪽의 zone I과 II는 세균학적 수질이 매우 깨끗하였다. 반면 득량만 안쪽의 연동리 지선의 시료채취지점 F1, F2, G1, G2, G3을 포함한 zone IV의 경우는 대장균군이나 분변계대장균 최확수의 중앙치는 70이하였으나 대장균군 최확수 100㎖당 230을 초과하는 시료가 13.5%이었고, 분변계대장균 최확수도 43을 초과하는 것이 14.6%나 되어 기준한계 10%를 상회함으로써 허가해역으로는 부적합함을 알 수 있었다. 세균시험 결과를 개괄하기 위하여 모든 채시지점에서 얻은 성적을 Velz (1952)의 방법에 준하여 대수확률지에 나타내었다 (Fig.2). 확률백분위수 (probability percentile) 10, 50, 90에 해당하는 세균수도 Fig. 2에 나타내었다. 실험결과치의 기하평균값에 해당하는 50 percentile 값이 zone I에서는 0.6, zone II에서는 0.65, zone III에서는 1.5, zone IV에서는 5.0으로 나타나 소해역별로 세균학적 수질의 우열이 확연히 드러났다. 그리고 대장균군의 90 percentile 값이 zone I, II, III에서는 모두 70이하였으나 zone IV에서는 대장균군 300, 분변계대장균 68로 역시 허가해역으로는 부적합함을 알 수 있었다. 따라서 득량만의 경우 zone IV를 제외한 다른 해역의 세균학적 수질은 허가해역으로 합당하였다. 단 허가해역으로 지정할 때에는 지선으로부터 200 m거리를 설정하는 것은 기본임을 밝혀 둔다.

2) 강우가 세균학적 수질에 미치는 영향

우리 나라에서 대미수출용 패류생산을 위하여 지정한 지정해역은 강우량이 15 mm이상일 경우, 패류채취를 강우 종료 시부터 24시간동안 금지하는 조건을 제시하고 있을 정도로 강우는 그 해역의 수질에 영향을 많이 미친다. 득량만 해수에 있어서도 강우량이 많았을때와 그렇지 않을 때를 구분하여 실험한 결과는 Table 3과 같다.

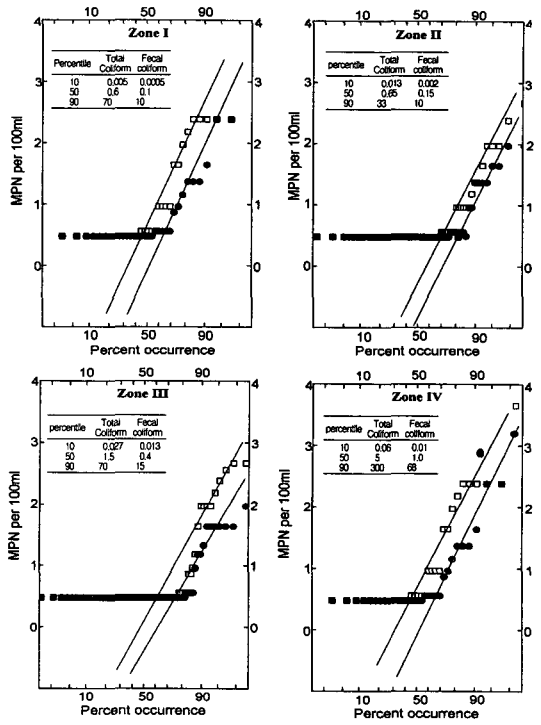

Fig. 2. Coliform MPN's of seawater by zone in Deukryang bay, Jeon-Nam, Korea. (See Fig. 1)
□ : Total coliform, ● : Fecal cloiform
※Zones are same as indicated in Fig. 1.

표에서 알 수 있는 바와 같이 각각 93 mm, 1.0 mm의 강우량을 기록한 1996년 6월25일, 26일 그 다음날인 6월27일의 실험결과와 시료채취 전날 강우가 없었던 7월25일의 실험결과, 그리고 강우량 23.0 mm, 12.5 mm을 보인 8월28일, 29일 그 다음날인 8월30일의 세균조사결과는 서로 좋은 대조를 보이고 있다. 총 26개 시료에 대한 대장균군 최확수의 경우 93 mm의 강우량이 있은 2일 후의

Table 3. Effect of rainfall on the bacterial contamination of sea water in Deukryang bay (1996)

Sampling date	Rainfall		Coliform MPN/100 ㎖			Fecal coliform MPN/100 ㎖			No. of samples
	Date	Amount (mm)	Median	Range	%, >230	Median	Range	%, >43	
Jun. 27	Jun. 25 Jun. 26	93.0 1.0	5.1	<3.0 ~4,600	26.9	3.6	<3.0 ~1,100	23.1	26
Jul. 25	Jul. 23 Jul. 24	0 0	<3.0	<3.0 ~240	3.8	<3.0	<3.0 ~240	3.8	26
Aug. 30	Aug. 28 Aug. 29	23.0 12.5	<3.0	<3.0 <360	7.7	<3.0	<3.0 ~43	3.8	26

결과는 중앙치가 5.1이었고 최고치는 4,600에 이르렀으며 또 강우량이 23.0 mm에 달했던 8월30일에는 최고치가 360, 강우가 없었던 7월28일에는 240으로 최고 오염도도 강우량에 비례하는 것으로 보아 해역인근의 육지로부터 세균이 유입되고 있음을 알 수 있었다. 또, 해수 100㎖당 230을 초과하는 비율도 강우량이 많았던 6월27일은 26.9 %로서 강우가 없었던 7월25일의 3.8%에 비하여 7배나 높았다. 분변계대장균의 경우도 강우량이 많았던 6월27일 채수하여 시험한 결과는 해수 100㎖당 43을 초과하는 시료의 비율이 23.1%로 강우가 없었던 때의 비율인 3.8 %보다 6배나 높아서 역시 강우량이 해수의 세균학적 수질에 크게 영향을 미침을 알 수 있었다. 박(1990)은 강우량과 세균학적 수질에 관한 연구논문에서 강우량이 해수의 세균학적 수질에 큰 영향을 미치며 강우 후 24~48시간 이후에야 평소의 수질로 회복되어 간다고 보고한 바 있다. 뿐만 아니라 29.2 mm의 강우가 있은 8시간 이후에 세균오염도는 최고치에 달했다가 회복되어 간다는 결과와 비교하면 6월27일에는 48시간이 경과한 이후임으로 실제로 득량만 해역의 경우 93 mm의 강우가 있은 후 8~10시간이후에 세균조사를 실시하였으면 훨씬 높은 오염도를 예상할 수 있다. 따라서 강우시에는 양식장 인근 배수유역의 인가, 가축, 농토 등으로부터 씻겨 내려오는 오염원이 바로 그 해역을 오염시키는 주범이므로 오염원에 대한 위생관리가 중요하다.

3) 대장균의 조성

득량만 해수에서 검출되는 오염지표세균의 조성을 파악하면 *Salmonella* sp., *Shigella* sp.등 병원성 세균의 오염 가능성을 예측할 수 있다.

따라서 대장균군 확정시험에서 양성인 시험관으로부터 EMB agar plate에 획선 배양하여 대장균으로 의심되는 91개의 colony를 따서 IMViC test에 의한 분류를 시도한 결과는 Table 4과 같다.

표에서 알 수 있는 바와 같이 91개 colony중에서 *Escherichia coli* group이 제일 많고 *Klebsiella aerogenes* group이 5균주로 5.5%에 해당하였다. 그런데 전형적인 온혈동물의 장관유래균인 IMViC reaction ++--인 *Escherichia coli*가 49균주로 전체의 54%나 차지한다는 것은 인축에 의한 분변오염이 크게 영향을 미치고 있음을 알 수 있었다.

4) 병원성 세균의 검출

우리나라 연안 해수에서 병원성 비브리오균이 여름철에 빈번히 검출되고 있음은 여러 보고에서 밝혀지고 있다(Chang et al., 1986; Chang et al., 1996; Kim et al., 1997[a]; 1997[b]). 따라서 1996년 6월, 7월, 8월 등 여름철을 중심으로 병원성 비브리오균 및 다른 병원성 세균의 분포를 조사하였으며, 그 결과는 Fig. 3.과 같다. 득량만 해수에 있어서 *Salmonella* sp.이나 *Shigella* sp.은 검출되지

Table 4. Classification of Coliform bacteria isolated from sea water at Deukryang bay by IMViC reaction

Coliform types	Composition (%)	No. of strains/No. of tested strains
Escherichia coli group		
variety i	53.8	49/91
variety ii	3.3	3/91
variety iii	1.1	1/91
Citrobacter freundii group		
variety i	1.1	1/91
Klebsiella aerogenes group		
variety i	3.3	3/91
variety ii	1.1	1/91
variety iii	1.1	1/91
etc.	35.2	32/91

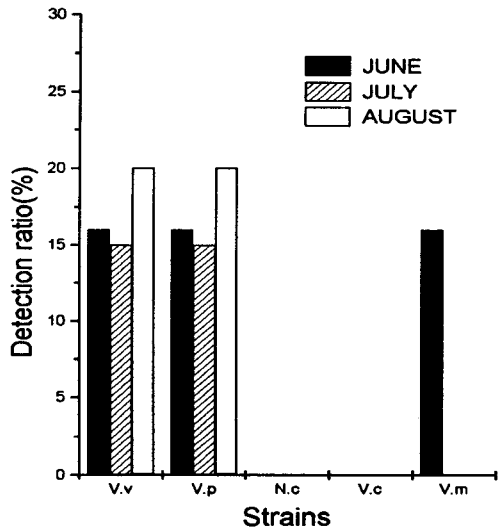

Fig. 3. Detection ratio of pathogenic vibrios from sea water in Deukryang bay, Jeon-Nam, Korea (1996).
V.v : Vibrio vulnificus, V.c : Vibrio chilerae
V.p : Vibrio parahaemolyticus, V.m : Vibrio mimicus
N.c : NAG vibrio

않았으며 (data not shown), *Vibrio cholerae* 또한 검출되지 않았다. 그러나 *V. parahaemolyticus, V. vulnificus, V.mimicus* 등은 15~20%의 검출율을 나타내었으며, 특히 패혈증 비브리오균인 *V. vulnificus*는 8월에 검출율이 20%에 달하여 주의를 요하였다.

단, 위 실험은 해수 1mℓ당 검출될 확률이 매우 낮으므로 검출율을 높이기 위해서 일반적인 실험방법을 지양하고 해수 1,000mℓ를 membrane filter로 여과 집적하여 실험한 결과이다. *Vibrio cholerae*는 검출되지 않았으나 *V. parahaemolyticus, V. vulnificus, V. mimicus* 등은 15~20%의 검출율을 나타내었다. 특히 패혈증 비브리오균인 *V. vulnificus*균도 8월에는 검출율이 약 20%가 된다는 것에 유의하여야 할 것이다

요 약

득량만 해수에 대한 세균학적 수질을 평가하여 수출용 패류생산지정 해역수질에 합당한가를 파악함과 동시에 지표세균의 조성, 병원성 세균등을 조사한 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 득량만 해수의 세균학적 수질은 만 안쪽의 연동지선의 일부해역 (area IV)을 제외하고는 수출용패류의 생산해역의 수질기준에 합당하였다.

2. 대장균군의 최확수는 해수 100mℓ당 <3.0~4,600의 범위였으며 230을 초과하는 시료의 비율은 7.4%였고, 분변계대장균의 최확수는 <3.0~1,100의 범위였으며 43을 초과하는 시료의 비율은 8.5%로 한계치 10%에 미달하였다.

3. 강우시에는 비강우시에 비하여 세균 오염도가 높았으며 특히 93 mm의 강우가 있은 48시간 이후에도 비강우시의 6~7배나 높은 세균오염도를 나타내었다.

4. 대장균군의 분류결과 *Escherichia coli*가 약 54%나 되어 오염원의 주류가 분변오염임을 알 수 있었다.

5. 살모넬라, 시겔라, 콜레라균 등 수인성 병원세균은 검출되지 않았다.

6. 병원성 비브리오균은 여름철인 6~8월 사이에는 시료의 15~20%에서 양성으로 나타났다.

감사의 글

이 연구의 일부는 한국과학재단 지원 해양산업개발연구소 연구비 지원에 의하여 이루어졌음을 밝히며 감사를 드립니다.

참 고 문 헌

APHA. 1962. Recommended Procedures for the Bacteriological Examination of Sea Water and Shellfish. American Public Health Association, U.S.A. pp. 17~51.

Chang, D .S., I. S. Shin, S. T. Choi and Y. M. Kim. 1986. Distribution and Bacteriological Characteristics of *Vibrio vulnificus* (in Korean).

Chang, D. S., C. H. Kim, H. S. Yu, S. H. Kim, E. T. Jeong and I. S. Shin. 1996. Relationship Between Pathogenic Vibrios and Zooplankton Biomass in Coastal Area, Korea (in Korean). J. Kor. Fish. Soc. 29 (5), 557~566.

Choe, W. K., D. S. Chang, J. G. Lee and J. G. Kwon. 1974. Sanitary Survey of Oyster Growing Area in Geoje Bay. Bull. Pusan Fish. Coll. 14 (1), 28~42 (in Korean).

FDA. 1992. Bacteriological Analytical Manual. 7th ed. AOAC international, U.S.A. pp. 17~140.

FDA. 1995. National Shellfish Sanitation Program Manual of Operation. Part I. Sanitation of Shellfish Growing Areas. U.S.A. pp 1~30.

Jensen, E. T. 1966. Shellfish and Public Health. J. Milk and Food Tech. 19, 281~283.

Kim, S. J., D. S. Chang, K. S. Kim and J. K. Lee. 1969. Bacteriological Survey of Shellfish Growing Area on Puk Man Estuary-Chung Mu. Bull. Fish. Res. and Develop. Agency. 4, 155~180 (in Korean).

Kim, S. M., U. Y. Park, M. Y. Park, Y. M. Kim and D. S Chang. 1997[a]. Physiological and Psychrotrophic Characteristics of *Vibrio mimicus* SM-9 isolated from Sea Water. J. Food Hyg. Safety. 12 (1), 9~14 (in Korean).

Kim, Y. M., G. B. Choi and D. S. Chang. 1997[b]. Isolation and Identification of Novel Pathogenic *Vibrio* sp. Producing Hemolysin. J. Kor. Fish. Soc. 30 (3), 361~366 (in Korean).

MacGinitie, G. E. 1941. On the Method of Feeding of Four Pelecypods. Biol. Bull. Woods Hall. 80, 18~25.

Ministry of Agriculture. 1997. Studies of HACCP System for Improving Sanitary Management of Korean Seafood. Reported by National Fish. Res. and Develop. Agency. pp 191~207 (in Korean).

Park, J. H. 1990. Bacteriological Quality Study of Sea Water and Oyster in Association with Rainfall in Kamakman. Thesis for M. S. degree. Graduate School of National Fish. Univ. of Pusan. Korea, pp 13~25 (in Korean).

Sherwood, H. P. 1952. Some Observations of the Viability of Sewage Bacteria in Relation to Self-Purification of Mussels. Proceeding of Soc. for Appl. Bact. 15, 21~28.

Velz, C. J. 1952. Graphical Approach to Statistics. Water and Sewage Works Magazine. Scranton Gillete Pub. Co. 99 (4), 15~23.

Yoo, S. K., J. S. Park, P. Chin, D. S. Chang, C. K. Park and S. S. Lee. 1980. Comprehensive Studies on Oyster Culture in Hansan, Geoje Bay. Bull. Fish. Res. and Develop. Agency. 24, 7~46 (in Korean).

1997년 9월 12일 접수
1997년 12월 30일 수리