

완도군 군외면 연안 수평망식 참굴 (*Crassostrea gigas*) 양식해역의 세균학적 수질 평가

강주현¹, 조상만¹, 김태옥², 박권삼²

¹군산대학교 해양생명응용과학부, ²군산대학교 식품생명공학과

Sanitary assessment of the oyster rack culture waters in Wando, Korea

Ju Hyun Kang¹, Sang-Man Cho¹, Tae Ok Kim² and Kwon Sam Park²

¹Faculty of Marine Applied Biosciences, Kunsan National University, 558 Deahang-ro, Gunsan 573-701, Korea

²Department of Food Science and Biotechnology, Kunsan National University, 558 Deahang-ro, Gunsan 573-701, Korea

ABSTRACT

To introduce an oyster rack culture in tidal flat of Wando-gun, Korea, we investigated sanitary conditions from 2012 April to 2013 March in oyster growing waters and adjacent area in Wando. Average seawater temperature and salinity ranged 8.6-28.0°C and 26.2-33.6 psu, respectively. The coliform group and fecal coliform of seawater ranged < 1.8-13.0 MPN/100 mL each. Only one of 60 samples was exceeded in the European criteria of fecal coliform. Influence of adjunct basin's pollution load on cultural waters was negligible, which half radius of dilution was not above 300 m. According to our observation, however, landing of oyster should be banned for at least 5 days after the heavy rainfall. Our findings meet the sanitary seawater criteria for domestic use and export of shellfish and classified as 'Class A' in European Community regulations for bivalve culture.

Key words: Pacific oyster, *Crassostrea gigas*, Rack culture, Sanitary assessment, Tidal flat, Off-bottom culture

서론

완도 해역은 20개 크고 작은 섬들로 이루어져 있어 외해 파랑으로부터 안전하며, 연안수심이 낮아 갯벌이 발달하였고, 조류소통이 좋고 연중수온 편차가 크지 않아 비교적 안정된 수질과 영양염류의 공간적 분포특성을 보이며 양호한 양식환경을 유지하는 것으로 알려지고 있다 (Cho *et al.*, 2009; Jeon *et al.*, 2012). 이러한 환경특성을 활용하여 완도연안 갯벌에는 지주식 김양식이 성행하였으나, 최근 사회경제적 여건의 변화로 인하여 지주식 김양식장이 쇠퇴하여 유희화됨으로 갯벌의

이용률이 현저하게 감소하였다. 이에 대한 대안으로 수평망식 갯벌참굴 (*Crassostrea gigas*) 을 도입하여 새로운 대체소득원을 개발하고자 하고 있다.

갯벌참굴은 갯벌에 가상시설을 설치하고, 그 위에 양성망을 설치하여 양식하는 방법으로, 우리나라에 도입된 것은 2000년대 초반이지만 (Lim *et al.*, 2011), 프랑스, 미국, 캐나다 및 호주 등의 국가에서 대규모로 행해지는 기술이다 (Shaw, 1969; Parsons, 1974; Mallet *et al.*, 2006; Bouchet and Sauriau, 2008; Manley *et al.*, 2009).

갯벌참굴을 비롯한 이매패류는 연안 해역에서 쉽게 채취할 수 있는 동물성 단백질로 근래에는 영양 가능성을 새롭게 조명받는 등, 훌륭한 건강식품으로 각광받고 있다. 그러나 연안 해역에서 서식하는 패류는 이동성이 거의 없고, 여과섭식 활동을 통해 영양분을 섭취함으로써 해수 중에 부유하는 병원성세균 및 바이러스 등과 같은 생물학적 위해 요소 및 화학적 위해요소를 쉽게 체내 축적할 수 있어 많은 국가에서 해역의 안전성 관리에 활용하고 있다 (Goldberg *et al.*, 1978). 이매패류는 폐각을 제외한 장기관 및 연체부 전체를 가식부로 이용하므로 안전한 섭취를 위해서는 서식 해역에서부터의 위해요소에 대

Received: June 19, 2015; Revised: June 22, 2015;
Accepted: June 29, 2015

Corresponding author : Sang-Man Cho

Tel: +82 (63) 469-1839 e-mail: gigas@kunsan.ac.kr
1225-3480/24575

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License with permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproducibility in any medium, provided the original work is properly cited.

한 관리가 꼭 필요하며, 특히 위생학적 안전관리는 안전한 먹거리 생산을 위해 꼭 필요한 조치이다 (Sherwood, 1952; Jensen, 1966; Choi *et al.*, 1998; Shim *et al.*, 2009; Jeon *et al.*, 2012).

패류의 위생 안정성 확보를 위하여 미국 및 유럽연합 등 선진국에서는 양식해역의 위생 상태에 따라 등급을 부여하여 관리하고 있다 (European Union, 2004; US FDA, 2009). 우리나라에서도 패류가 많이 생산되는 연안해역에 대하여 위생 조사를 실시한 후, 위생 기준을 충족하는 해역을 수출용 패류 생산 지정해역으로 설정하여 관리하고 있다 (Kim, 1975; Kwon *et al.*, 2007; Ha *et al.*, 2009; Shim *et al.*, 2009; Park *et al.*, 2010).

이 연구는 완도군 군외면 지역에 수평망식 갯벌참굴 양식을 도입을 위한 관련 기술개발의 일환으로 양식해역에 대한 위생학적 특성을 조사하여 향후 양식생산품의 식품안전성을 확보하기 위한 기초자료로 활용하고자 한다.

재료 및 방법

1. 조사지점 및 시료채취

전라남도 완도군 군외면 불목리 지선연안에 수평망식 양식 시설을 설치한 해역에서 지형적 여건, 해류 및 배수유역 내 오염원 분포 등을 고려하여 해수 조사지점 5개소를 설정하여 2012년 4월부터 2013년 3월까지 매월 1회 시료를 채취하였다 (Fig. 1). 해수는 표층용 채수기를 이용하여 수면에서 약 10 cm 깊이에서 멸균된 25 mL 유리병으로 채수하였고, 굴시료 (*Crassostrea gigas*)는 2012년 4월부터 2013년 3월까지 높이 90 cm 가상식 수평망에 노출시간을 달리하여 양성한 굴을 임의적으로 샘플링하여 부착물 등을 제거하고, 멸균된 스테인레스 스틸 용기에 담아, 10℃ 이하로 유지하여 실험실로 운반하였다.

2. 측정 및 실험방법

해수의 수온 및 염분은 미리 보정된 자동수질분석기 (YSI 85, YSI, Incorporated, Ohio, USA) 를 사용하여 현장에서 실측하였다. 해수 및 굴시료에 대한 위생지표세균인 대장균군 및 분변계대장균은 Recommended Procedures for the Sea Water and Shellfish (APHA, 1970) 에 따라 시료를 단계 희석하여 측정하였으며, 추정시험 배지로는 Lauryl Tryptose Broth (Difco, USA), 확정시험 배지로는 Brilliant Green Lactose Bile Broth 2% (BGLB, Difco, USA) 와 EC (Difco, USA) 배지를 각각 사용하였다. 위생지표세균 수는 100 mL 당 최확수 (Most Probable Number, MPN) 로 표시하였다.

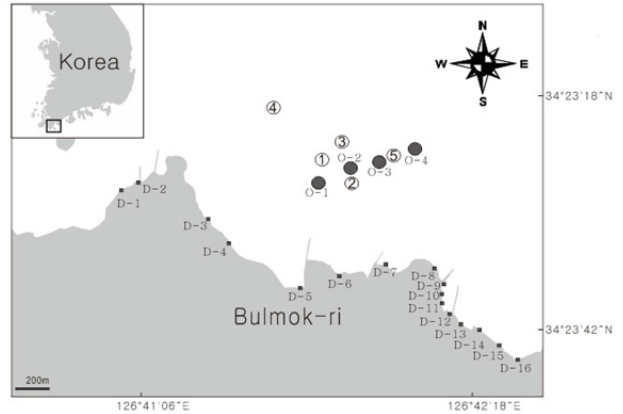


Fig. 1. Sampling stations for sanitary survey of the seawater (○), oyster (●) and drainage basins (■) around oyster cultural waters in Wando, Korea.

3. 해수 및 패류의 위생학적 평가

해수의 위생상태는 우리나라의 수출용 패류 생산해역의 위생관리기준 (MIFAFF, 2009) 과 미국의 패류 양식장에 대한 세균학적 수질기준 (US FDA, 2009) 에 준하여 기하학적 평균 (GM) 및 계산된 백분위의 90번째 값 (90th) 으로 평가하였다. 한편 조사해역 내 서식하는 패류의 안전평가는 유럽연합에서 규정하는 패류 중 E. coli 함량에 따른 패류생산해역의 등급기준 즉 A등급 (230 MPN/100 g), B등급 ($\leq 4,600$ MPN/100 g) 및 C등급 ($\leq 46,000$ MPN/100 g) 을 적용하여 비교하였다 (European Union, 2004; European Communities, 2005).

4. 육상오염원 영향평가

해역으로 직접 유입되는 육상오염원에 대한 해역 영향평가는 미국 FDA (2009) 에 준하여 실시하였다. 각 오염원에 대한 유량과 분변계대장균수를 이용하여 하루 동안 해역으로 유입되는 분변계대장균수의 1일 부하량을 산출하였으며, 육상오염원이 해역에 미치는 영향범위는 지정해역 수질기준인 분변계대장균 14 MPN/100 mL 이하로 희석되는데 요구되는 해수의 부피, 면적, 영향반경으로 계산하였다. 적용된 수심은 해도를 활용하여 영향범위가 미치는 해역의 최저수심을 적용하였고 육상오염원이 해역에 미치는 영향범위에 따라 간조시의 최저 수심과 평균 수심을 적용하였다.

결과 및 고찰

1. 해수의 일반적인 특징

2012년 4월부터 2013년 3월까지 완도 수평망식 갯벌참굴 양식시설 해역에서의 각 조사지점에서 매월 측정된 평균 수온

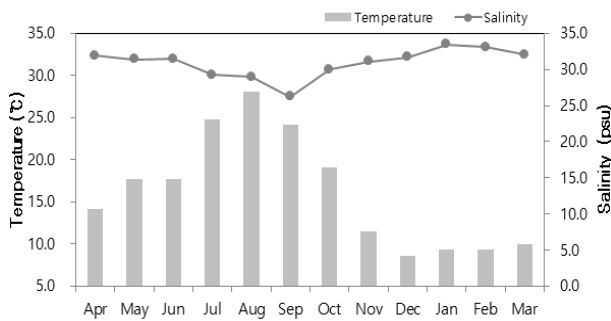


Fig. 2. Monthly variation in temperature and salinity of seawater in Wando, Korea.

및 평균 염분의 변화는 Fig. 2와 같다. 평균수온의 범위는 8.6-28.0°C로 12월이 가장 낮았고, 8월이 가장 높았다. 해수의 평균염분 농도범위는 26.2-33.5 psu의 범위였다.

패류의 성장에 영향을 미치는 환경요인으로는 수온, 염분, 영양염, 먹이생물, 해수의 유동 등 물리·화학적 요인들에 의해 영향을 받는 것으로 알려져 있다 (Malouf and Breese, 1977; Incze *et al.*, 1980; Lee *et al.*, 2008). 수온의 경우, 5°C 이하로 내려가면 성장이 둔화되거나 정지하고, 28°C 이상으로 올라가면 성장이 정지하거나 폐사율이 높아진다 (Quayle, 1988; Soletchnik *et al.*, 2005; Shin *et al.*, 2008). 최적염분은 20-26 psu로 보고되었다 (Kim, 1996). 조사해역의 수온 및 염분은 굴 성장에 적합하였고, 특히 겨울철 수온이 타 양식해역에 비해 높아 겨울철에도 양호한 성장을 기대할 수 있는 최적의 양식장 조건으로 판단된다.

2. 해수의 세균학적 수질평가

조사기간 동안 5개 조사정점에서 해수의 대장균군 및 분변계대장균의 범위, 기하학적 평균치, 90th percentile 값 등의

분석결과를 Table 1에 나타내었다. 조사기간동안 대장균군 및 분변계대장균의 범위는 각각 < 1.8-13.0 MPN/100 mL 으로 나타났고, 기하학적 평균 범위는 각각 2.2-2.6 MPN/100 mL 및 < 1.8-13.0 MPN/100 mL, 90th percentile 값의 범위는 각각 4.3-6.1 MPN/100 mL 및 3.5-6.1 MPN/100 mL로 나타났다. 우리나라 남해안의 패류생산해역인 자란만 (Choi *et al.*, 1998; Shim *et al.*, 2009), 한산거제만 (Ha *et al.*, 2009), 가막만 (Kwon *et al.*, 2012), 강진만 (Park *et al.*, 2010) 등과 비슷한 분포를 나타내었고, 서해안의 서천해역 (Byun *et al.*, 2010) 보다는 낮은 분포였다.

미국의 패류생산 허가해역 수질기준에서 제시하고 있는 지정해역의 세균학적 기준은 분변계대장균수의 기하평균치가 14 MPN/100 mL를 초과하지 않아야 하며, 90th percentile 값이 43 MPN/100 mL를 초과하지 않아야 한다고 규정하고 있다. 또 대장균군 수의 기하평균치가 70 MPN/100 mL를 초과하지 않아야 하며, 90th percentile 값이 230 MPN/100 mL를 초과하지 않아야 한다고 규정하고 있다 (US FDA, 2009). 우리나라에서도 수출용 패류생산해역의 세균학적 수질기준을 분변계대장균에 대하여 미국의 분변계대장균 기준과 동일하게 적용하고 있다 (MIFAFF, 2009). 이와 같이 분변계대장균이 패류양식장의 세균학적 수질기준으로 활용되는 것은 분변계대장균이 사람이나 동물의 장관에 서식하는 세균으로서 분변오염의 지표가 되기 때문이다. 따라서 해역이 분변계대장균에 오염되었을 경우 분변을 통하여 전염되는 살모넬라, 장티푸스, 콜레라 등의 병원성 미생물에 오염되었을 가능성을 내포하고 있다 (Sherman *et al.*, 1989). 우리 연구의 결과에 따르면 완도군 군외면지선 연안의 해수 위생학적 수질은 수산물품질관리법의 지정해역 기준과 미국의 허가해역의 세균학적 수질기준에 충족하는 것으로 나타났다.

한편 월별 위생지표세균의 출현양상은 8월에 분변대장균수

Table 1. Spatial distribution of sanitary quality of the seawater in Wando during the studied period

Station	MPN/100 mL										No. of samples
	Coliform					Fecal coliform					
	Range	GM ¹	90th ²	> 230		Range	GM ¹	90th ²	> 43		
			No.	%				No.	%		
1	< 1.8-13.0	2.2	4.3	0	0	< 1.8-7.8	2.0	3.5	0	0	12
2	< 1.8-13.0	2.5	6.1	0	0	< 1.8-7.8	2.3	4.6	0	0	12
3	< 1.8-13.0	2.1	4.3	0	0	< 1.8-13.0	2.1	4.2	0	0	12
4	< 1.8-13.0	2.3	4.8	0	0	< 1.8-13.0	2.0	4.2	0	0	12
5	< 1.8-13.0	2.6	6.1	0	0	< 1.8-13.0	2.5	6.1	0	0	12

¹Geometric mean, ²90th percentile

Table 2. Temporal distribution of sanitary quality of the seawater in Wando from April 2012 to March 2013

Month	MPN/100 mL										No. of samples
	Coliform					Fecal coliform					
	Range	GM ¹	90th ²	> 230		Range	GM ¹	90th ²	> 43		
			No.	%				No.	%		
2012. 4	< 1.8	< 1.8	< 1.8	0	0	< 1.8	< 1.8	< 1.8	0	0	5
5	< 1.8-2.0	1.8	1.9	0	0	< 1.8	< 1.8	< 1.8	0	0	5
6	< 1.8-2.0	1.8	1.9	0	0	< 1.8	< 1.8	< 1.8	0	0	5
7	< 1.8-2.0	1.8	2.0	0	0	< 1.8-2.0	1.8	2.0	0	0	5
8	13.0	13.0	13.0	0	0	7.8-13.0	10.6	15.2	0	0	5
9	2.0-7.8	3.1	6.9	0	0	< 1.8-7.8	2.4	5.6	0	0	5
10	< 1.8-4.5	2.2	3.7	0	0	< 1.8-2.0	1.9	2.1	0	0	5
11	< 1.8-2.0	1.9	2.1	0	0	< 1.8-2.0	1.9	2.1	0	0	5
12	< 1.8-7.8	2.5	5.7	0	0	< 1.8-7.8	2.5	5.7	0	0	5
2013. 1	< 1.8-2.0	1.8	1.9	0	0	< 1.8	< 1.8	< 1.8	0	0	5
2	< 1.8-4.5	2.1	3.6	0	0	< 1.8-4.5	2.1	3.6	0	0	5
3	< 1.8	< 1.8	< 1.8	0	0	< 1.8	< 1.8	< 1.8	0	0	5

¹Geometric mean, ²90th percentile

가 다른 달에 비해 다소 높게 나타났다. 연안해역에서 대장균의 증식을 촉진시키는 요인으로는 수온증가와 염분 감소로 알려져 있다 (Baek, 2014). 완도해역에서도 고수온기인 여름철에 위생학적 성장이 다소 증가하는 패턴을 보이지만, 해수 기준치 43 MPN/100 mL를 충족한 것으로 나타났다 (Table 2, Fig. 3). 또한 강우에 따른 해수의 위생학적 세균성상의 변화는 크게 차이가 없었다.

조사해역에서의 강우에 의한 해수 및 패류의 위생학적 평가를 위하여 2012년 9월 강우 종료된 시점으로부터 경과일을 (Table 3) 에 따른 참굴 및 해수의 위생세균상의 변화를 조사

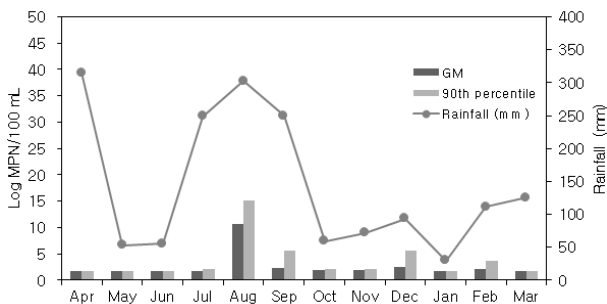


Fig. 3. Monthly variation of geomean and 90th percentile of fecal coliform and rainfall in Wando from April 2012 to March 2013.

하였다 (Table 4). 해수의 분변계대장균은 1일차에는 4.5-13 MPN/100 mL, 3일차에는 2.0-7.8 MPN/100 mL, 5일차에는 < 1.8-4.5 MPN/100 mL의 범위였다. 이는 강우 직후에도 해수 기준치 43 MPN/100 mL 이하를 유지하지만, 타 해역에 비해 회복속도는 다소 낮은 것으로 판단된다.

강우에 따른 연안 해역의 수질의 회복속도는 하천의 유입부에 따라 달라지는데, 자란만의 경우 하천유입에 의한 영향권이 0.5-2.2 km에 달하고, 약 18시간 후에는 건기 동안 해수의 수질상태와 유사한 정도로 회복되는 등 강우에 의한 영향이 거의 없는 것으로 보고되었다 (Lee *et al.*, 2010). 하지만 우리 조사해역은 조간대에 인접하여 있었고, 육지로부터 우수 및 영양원과 같은 하천들이 지속적으로 유입되는 영향권에 들어 평균수준으로 회복되는데 다소간 시간이 소요되는 것으로 판단된다. 그러나 육상오염원이 적어 강우에 의한 오염부하는 그다지 높지 않은 것으로 판단되고, 또한 연안해역의 조석에 의한 탁도의 변화도 위생지표세균의 분포에 영향을 미치는 것으로 판단된다 (Mallin *et al.*, 1999).

한편 굴의 분변계대장균은 강우 직후 45-130 MPN/100 g의 범위였고, 3일째 < 18-78 MPN/100 g, 5일째 < 18-20 MPN/100 g의 범위로, 강우 발생 후 5일째 모두 평균수준으로 회복되었다. 자란만의 경우 강우 직후는 모두 < 18 MPN/100 g을 유지하였지만, 3일째 78-330 MPN/100 g으로

Table 3. Sampling schedules for rainfall effect survey in the cultural waters and the oysters

Month	September 2012						
Date	16	17	18	19	20	21	22
Rainfall (mm)	79.0	58.5	Sampling Date	-	Sampling Date	-	Sampling Date

Table 4. Summary of bacteriological examination results of sea water and oyster after the rainfall

Sampling Day	Station	Sea water		Oyster	
		Total coliform (MPN/100 mL)	Fecal coliform (MPN/100 mL)	Total coliform (MPN/100 g)	Fecal coliform (MPN/100 g)
1		7.8	4.5	45.0	45.0
3	O-1	4.5	2.0	20.0	20.0
5		< 1.8	< 1.8	< 1.8	< 1.8
1		13	13	130.0	130.0
3	O-2	7.8	7.8	130.0	20.0
5		4.5	4.5	20	20.0
1		7.8	7.8	78.0	78.0
3	O-3	7.8	4.5	78.0	< 1.8
5		2.0	2.0	< 1.8	< 1.8
1		13.0	13.0	130.0	130.0
3	O-4	13.0	7.8	130.0	78.0
5		4.5	4.5	20	20.0

상승하는 것으로 보고되어 우리 해역과는 차이가 있었다 (Lee *et al.*, 2010). 연안해역에서 위생지표 세균의 밀도는 강우에 의한 오염배수유역에 거주하는 인구수와 밀접한 관계가 있으며, 사람과 가축은 중요한 오염원으로서 역할을 한다 (Mallin *et al.*, 2000). 군외면 지역은 전형적인 농어촌 부락으로 인구 밀도가 낮고 주변에 가축사육 두수가 적어 오염부하가 낮기 때문이다 (Wando-Gun, 2014).

3. 패류의 위생안전성 평가

완도 수평망식 갯벌참굴 해역에서 4개 조사지점에서 2012년 4월부터 2013년 3월까지 채취한 굴의 분변계대장균수 및 생균수는 각각 < 18-330 MPN/100 g, 100-10,000 CFU/g의 범위였다. 분변계대장균 230 MPN/100 g을 초과하는 시료는 1개로 나타났다. 7월에 채취한 굴에서 기준치를 초과하였다 (Table 5). 유럽연합의 Commission Regulation (EC) No 2073/2005 (European Communities, 2005) 및 Regulation (EC) No 854/2004 (European Union, 2004)에 따른 완도해역의 굴 위생지표세균은 수확 후 즉시 섭취가

가능한 A등급 해역에 해당되었다. 우리의 조사결과는 통영해역 (NFRDI, 2006) 및 강진만 해역 (Park *et al.*, 2010)에 비해 굴의 위생지표세균 밀도가 현저하게 낮아 위생상태가 매우 양호한 것으로 판단된다.

4. 배수유역의 육상오염원이 해역에 미치는 영향평가

조사해역 주변 유역에서 세균학적 수질오염을 가중시킬 수 있는 잠재적 오염원은 16개소였다 (Fig. 4). 이들 하천으로부터 유입되는 세균량 및 확장면적 그리고 유효반경은 Table 6과 같다. 육지로부터 유입된 오염원은 빠르게 해수에 희석 확산되어 14 MPN/100 mL로 감소되는 반경은 1-292 m의 범위였고, 정점 D-2, 3, 5, 9는 하천방출수의 영향으로 반경이 200 m 이상이었다. 가장 높은 오염부하는 영흥천을 통해 유입되는 생활하수였다.

연안해역으로 유입되는 하천수는 수량에 따라 그 영향범위가 달라진다. 이러한 영향반경은 양식장에 미치지 않아야 하므로 큰 하천이 존재하는 해역에 갯벌참굴 양식의 적지를 선정할 경우 세심한 주의를 요한다. Shim *et al.* (2009)은 남해안 양

Table 5. Results of the bacteriological examinations of rack cultured Pacific oyster, *Crassostrea gigas*, in Wando from April 2012 to March 2013

Station	Fecal coliform (MPN/100 g)				CFU/g at 35°C				No. of samples
	Range	GM ¹	> 230		Range	> 100,000			
			No.	%		No.	%		
1	< 18-130	36.5	0	0	150-2,400	0	0	12	
2	< 18-45	20.9	0	0	100-1,400	0	0	12	
3	< 18-330	36.5	1	8.3	200-10,000	0	0	12	
4	< 18-230	34.4	0	0	130-1,700	0	0	12	

¹Geometric mean

Table 6. Result of sanitary survey on pollution sources in drainage basin of Wando area and calculated impact area in the sea area.

Station	LD ¹ (m)	DV ² (L/min)	FC ³ (MPN/100 mL)	DL ⁴ (MPN/day)	DWR ⁵ (m ³)	AR ⁶ (m ²)	RH ⁷ (m)
D-1	0.01	1.0	490	7,056,000	50	5,040	57
D-2	0.01	0.5	13,000	93,600,000	669	66,857	206
D-3	0.01	1	13,000	187,200,000	1,337	133,714	292
D-4	0.01	1	2,000	28,800,000	260	20,571	114
D-5	0.01	0.5	17,000	122,400,000	874	87,429	236
D-6	0.05	5	4,900	352,800,000	2,520	50,400	179
D-7	0.05	5	1,300	93,600,000	669	13,371	92
D-8	1	10	490	70,560,000	504	504	18
D-9	0.01	0.5	17,000	122,400,000	874	87,429	236
D-10	0.01	0.5	23	165,600	1	118	9
D-11	1	0.5	20	144,000	1	1	1
D-12	1	20	130	37,440,000	267	267	13
D-13	0.01	0.5	1,300	9,360,000	67	6,686	65
D-14	0.01	0.5	230	1,656,000	12	1,183	27
D-15	1	15	1,300	280,800,000	2,006	2,006	36
D-16	0.01	0.5	1,300	9,360,000	67	6,686	65

¹LD; Lowest Depth, ²DV; Discharge Volume, ³FC; Fecal Coliform, ⁴DL; Determined Loading, ⁵DWR; Dilution Water Required, ⁶AR; Area Required, ⁷RH; Residue of Half-circle.

식해역을 대상으로 유역오염원의 영향을 조사한 결과 계산치는 거제시 견내량의 일부 오염원은 93-1,973 m까지 영향을 미치는 것으로 나타나 가장 높은 오염부하를 나타내었지만, 실제 해역의 조사지점의 분변세균 오염상태는 안정해역 및 당동만 해역이 훨씬 높은 분변세균 밀도를 나타내는 것으로 보고하였다. 이는 세균의 사멸에 미치는 여러 가지 요인과 지형적인 또는 수리학적 특성에 의해서도 영향을 받는다 (NFRDI, 2010). 조사해역 주변 유역에서 유입되는 하천수들은 갯벌참굴 양식장에 거의 영향을 미치지 않는 것으로 계산되었고, 실제 해수 및 굴 분변계 세균 분포특성을 살펴보면 강우 등에 의

한 영향은 호우주의보 수준이 아니면 거의 없는 것으로 판단된다. 이는 주변오염원이 적고, 해역의 조류소통이 원활하여 일단 유입된 오염물질의 확산이 빠르게 일어나기 때문이다.

이상의 결과, 완도군 군외면 해역은 여름철 호우 및 폭풍의 시기를 제외하고는 대부분의 분변계 대장균의 수질 및 패류 기준을 충족시키는 해역이었고, 이는 이 해역이 수평망식 갯벌 굴양식에 적합한 환경을 제공하는 것으로 판단된다. 그러나 지속적인 해역의 안전성확보를 위해서는 꾸준한 모니터링이 요구된다.

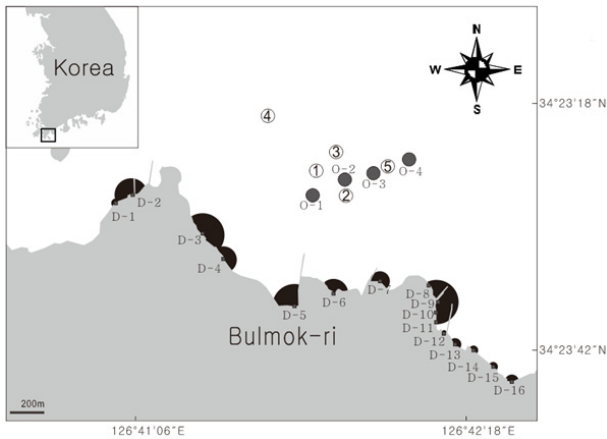


Fig. 4. Schematic drawing of influence area from each pollution sources from drainage basin around cultural waters in Wando, Korea.

요 약

본 연구는 완도군 군외면 지역에 수평망식 갯벌참굴 양식을 도입하고자 하는 양식 기술개발의 일환으로서 양식해역의 위생학적 특성을 조사하였다. 해수의 경우 2012년 4월부터 2013년 3월까지 매월 1회 실시하였고, 굴 시료는 높이 90 cm 인 가상식 양성망에서 채집하였다. 조사해역의 평균 수온범위와 염분 농도범위는 8.6-28.0℃이며, 26.2-33.5 psu였다. 해수의 대장균군 및 분변계대장균은 각각 < 1.8-13.0 MPN/100 mL의 범위로, 모두 기준치 43 MPN/100 mL이하를 유지하였다. 한편 굴의 분변계대장균은 기준치를 초과하는 경우는 단 1건에 불과하였다.

강우 발생후, 경과일에 따른 참굴 및 해수의 분변계대장균은 모두 해역평균치로 회복되는 데는 약 5일이 소요되었다. 배수 유역의 영향반경은 1.292 m에 불과하여 육상오염원에 의한 영향은 미미하였다. 조사해역은 우리나라 수출용 패류생산해역의 위생학적 수질기준과 미국의 패류양식장에 대한 세균학적 수질기준의 충족하며, 생산된 굴의 경우, 유럽연합 A등급 해역의 위생관리에 충족되는 것으로 확인되었다.

사 사

이 논문은 2012년 해양수산부 재원으로 한국해양과학기술진흥원의 지원을 받아 수행된 연구임 (참굴 갯벌양식 조기 상품화를 위한 기술개발)

REFERENCES

APHA (1970) Recommended procedures for the

examination of seawater and shellfish. American Public Health Association. Washington, D.C., pp. 1-105.

Baek, S. (2014) Distribution characteristics of chemical oxygen demand and Escherichia coli based on pollutant sources at Gwangyang Bay of South Sea in Korea. *Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society*, 15: 3279-3285.

Bouchet, V. and Sauriau, P. (2008) Influence of oyster culture practices and environmental conditions on the ecological status of intertidal mudflats in the Pertuis Charentais (SW France): A multi-index approach. *Marine Pollution Bulletin*, 56: 1898-1912.

Byun, H.-S., Song, K.-C., Lee, D.-S., Shim, K.-B. and Lim, C.-W. (2010) Evaluation of Bacteriological Safety for the Shellfish growing Sea waters in Seocheon Area, Korea. *Korean Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 43: 25-32.

Cho, E.S., Kim, S.S., Lee, S.Y., Jeong, H.D. and Kim, S.Y. (2009) Marine Environmental Characteristics in Western Coastal Waters of the South Sea of Korea. *Journal of the Korean Society of Marine Environment & Safety*, 15: 187-203.

Choi, J.D., Jeong, W.G. and Kim, P.H. (1998) Bacteriological study of sea water and oyster in Charan Bay, Korea. *Korean Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 31: 429-436.

European Union. (2004) Regulation (EC) No 854/2004 of the European parliament and of the council of 29 April 2004. *Official Journal of the European Union*, L 139: 45pp.

European Communities. (2005) Commission Regulation (EC) No 2073/2005 of 15 November 2005 on microbiological criteria for foodstuffs. *Official Journal of the European Communities*, L 338: 1-23.

Goldberg, E.D., Bowen, V.T., Farrington, J.W., Harvey, G., Martin, J.H., Parker, P.L., Risebrough, R.W., Robertson, W., Schneider, E. and Gamble, E. (1978) The Mussel Watch. *Environmental Conservation*, 5: 101-125.

Ha, K.S., Shim, K.B., Yoo, H.D., Kim, J.H. and Lee, T.S. (2009) Evaluation of the Bacteriological Safety for the Shellfish Growing Area in Hansan. Geojeman, Korea. *Korean Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 42: 449-455.

Incze, L.S., Lutz, R. and Watling, L. (1980) Relationships between effects of environmental temperature and seston on growth and mortality of *Mytilus edulis* in a temperature northern estuary. *Marine Biology*, 57: 147-156.

Jensen, E.T. (1966) Shellfish and public health. *Milk and Food Technology*, 19: 281-283.

Jeon, Y.H., Yoon, H.S., Kim, D.H. and Kim, H.T. (2012) Characteristics of Incident Waves on Seaweed Farm Field Around Gumil-up Sea, Wando. *Journal of the Korean Society for Marine Environment and Engineering*, 15: 177-185.

Kim, B.Y. (1996) Studies on Artificial Seeding

- Production of Pacific Oyster, *Crassostrea gigas*. Yosun National Fisheries University
- Kim, S.J. (1975) Sanitary studies of oyster and growing areas in the south coast of Korea. *Bulletin of Fisheries Research and Development Agency*, **14**: 1-79.
- Kwon, J.Y., Park, K.B.W., Song, K.C., Lee, J.H., Park, J.H., Kim, J.D. and Son, K.T. (2007) Evaluation of the bacteriological quality of a shellfish-growing area in Kamak bay. *Korean Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, **11**: 7-14.
- Kwon, J.Y., Park, K., Song, K.C., Oh, E.G., Lee, H.J., Kim, J.H. and Son, K.T. (2012) The Bacteriological Quality of Seawater in Kamak Bay, Korea. *Korean Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, **45**: 460-464.
- Lee, J.M., Park, A.J., Cho, S.M. and Park, K.D. (2008) Growth Comparison of the Pacific Oyster Spat, *Crassostrea gigas*, by Three Different Suspended Time Around Coast of Gyeongnam. *The Korean Journal of Malacology*, **24**: 109-119.
- Lee, S.L., Oh, E.G., Yu, H.D., Ha, K.S., Yu, H.S., S.G., B. and Kim, J.H. (2010) Impact of Rainfall Events on the Bacteriological Water Quality of the Shellfish Growing Area in Korea. *Korean Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, **43**: 406-414.
- Lim, H.J., Lee, T.S., Cho, P.G., Back, S.H., Byun, S.G. and Choi, E.H. (2011) The production efficiency of cupped oyster, *Crassostrea gigas* Spat according to clutch and growth comparing diploid and triploid oysters in off-bottom culture for tidal flat utilization. *Korean Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, **44**: 259-266.
- Mallet, A., Carver, C. and Landry, T. (2006) Impact of suspended and off-bottom Eastern oyster culture on the benthic environment in eastern Canada. *Aquaculture*, **255**: 362-373.
- Mallin, M.A., Esham, E.C., Williams, K.E. and Nearhoof, J.E. (1999) Tidal stage variability of fecal coliform and chlorophyll a concentrations in coastal creeks. *Marine Pollution Bulletin*, **38**: 414-422.
- Malouf, R.E. and Breese, W.P. (1977) Seasonal changes in the effects of temperature and water flowrate on the growth of juvenile Pacific oysters, *Crassostrea gigas* (Thunberg). *Aquaculture*, **12**: 1-13.
- Manley, J., Power, A. and Walker, R. (2009) Comparison of techniques for off-bottom culture of the eastern oyster *Crassostrea virginica* (Gmelin, 1791) in Georgia. Occasional papers of the University of Georgia Marine Extension Service, pp. 1-18.
- MIFAFF (2009) Sanitary criteria of producing, processing facilities and seawater area for fisheries product. Ministry of Food, Aquaculture, Forestry and Fisheries, Seoul, Korea
- NFRDI (2006) Sanitary research of the designated area for shellfish production in the south sea of Korea, 2005. Southeast Sea Fisheries Research Institute. Tongyeong, pp. 92.
- NFRDI (2010) Report of sanitary survey of Yongnam-Gwangdo area, Kyungnam Province, Korea. NFRDI, Yeomoon press, Pusan, Korea, pp 66-68.
- Park, K.B.W., Jo, M.R., Kwon, J.Y., Son, K.T., Lee, D.S. and Lee, H.J. (2010) Evaluation of the Bacteriological Safety of the Shellfish-growing Area in Gangjinman, Korea. *Korean Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, **43**: 614-622.
- Parsons, J. (1974) Advantages in tray cultivation of Pacific oysters (*Crassostrea gigas*) in Strangford Lough, N. Ireland. *Aquaculture*, **3**: 221-229.
- Shaw, W.N. (1969) The past and present status of off-bottom oyster culture in North America. *Transactions of the American Fisheries Society*, **98**: 755-761.
- Sherman, P., Drumm, B., Karmali, M. and Cutz, E. (1989) Adherence of bacteria to the intestine in sporadic cases of enteropathogenic *Escherichia coli*-associated diarrhea in infants and young children: a prospective study. *Gastroenterology*, **96**: 86-94.
- Sherwood, H.P. (1952) Some observations on the viability of sewage bacteria in relation to shelf-purification of mussels. *Proceeding of Society for Applied Bacteriology*, **15**: 21-28.
- Shim, K.B., Ha, K.S., Yoo, H.D., Kim, J.H. and Lee, T.S. (2009) Evaluation of the bacteriological safety for the shellfish growing area in Jaranman-Saryangdo area, Korea. *Korean Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, **42**: 442-448.
- Shin, Y.K., Hur, Y.B., Myeong, J.I. and Lee, S. (2008) Effect of temperature and body size on oxygen consumption and ammonia excretion of Oyster, *Crassostrea gigas*. *The Korean Journal of Malacology*, **24**: 261-267.
- Soletchnik, P., Lambert, C. and Costil, K. (2005) Summer Mortality of *Crassostrea gigas* (Thunberg) in Relation to Environmental Rearing Conditions. *Journal of Shellfish Research*, **24**: 197-207.
- US FDA (2009) National Shellfish Sanitation program, Guide for the control of molluscan shellfish, Model ordinance, <http://www.fda.gov/Food/GuidanceRegulation/FederalStateFoodPrograms/ucm2006754.htm>
- Wando-gun (2014) Wando Statistical Yearbook. Wando-gun, http://www.wando.go.kr/administratio_n/administration_info/statistical_yearbook