

서산웅도해역 굴양식장의 여름철 먹이가용성

조상만

군산대학교 해양생명과학과

Food Availability of Oyster Farms in Woongdo, Seosan in the Western Coast of Korea During Summer

Sang-Man Cho

Department of Aquaculture and Aquatic Sciences, Kunsan National University, 558 Daehangno, Gunsan 573-701, Korea

ABSTRACT

In order to improve oyster farming condition, estimation of food availability (CC) was carried out in Garorim Bay, Seosan, Korea. The primary production of the waters were ranged from 0.07 to 0.26 gC/m²/day. A strong tendency was observed that the inner side of the bay was higher at primary production. Estimated food availability was ranged from 0.0424 to 1.655. Temporal shortage in food supply was observed at April with about 15% less than the oysters' requirement, which may be causative of spat mortality after introducing into the farms. Food availability was met the food demand during summer but significant shortage was also observed at after August, which may main causative of retarded oyster fattening in the waters. This study suggested that adjustment of cultural density may be necessary for the improved harvesting of the oyster.

Key words: Pacific oyster, Primary production, Carrying capacity, Intertidal zone, Oyster farm

서론

굴은 해수중의 식물플랑크톤을 주된 먹이로 하는 여과섭식성 이매패류로 해수 중의 먹이가용성에 따라 그 생산이 좌우된다고 할 수 있다. 따라서 어느 해역 내에서 굴 생산량은 해역의 식물플랑크톤 생산성, 즉, 기초생산력에 의존한다고 할 수 있다. 식물플랑크톤은 해수 중의 영양염류와 수온, 태양광선의 세기, 해수면에 입사된 광선의 해수 중에서의 소멸 정도 등에 따라 생산속도가 달라지며, 자연에서 환경의 각 요인별 측정치로부터 식물플랑크톤의 생산속도를 추정하기는 어렵다. 현재는 식물플랑크톤의 생산에 의하여 산출되는 부수물인 산소발생속도를 측정하여 추정하거나, 식물플랑크톤이 생산과정에 사용하는 해수 중의 탄산의 소모량을 측정하여 추정하거나, 식물플랑

크톤의 생산 주체인 클로로필 양으로부터 추정하는 방법 등이 쓰이고 있다 (Lee *et al.*, 1991; Cho *et al.*, 1996; Jeong *et al.*, 2009).

여과섭식성 양식생물인 굴은 주변 환경수로부터 먹이를 섭취하여 섭취한 먹이의 약 44.5%는 위분 또는 분으로 배설되고, 35.04%는 호흡작용을 통해 소비되는 것으로 알려지고 있다. 굴의 경우 수온조건에 따라 동화율은 거의 차이가 없고 산소소비량은 연명(延命)을 위한 절대적 전제조건이라고 가정한다면 먹이공급능력은 이러한 에너지 분배에 관여하게 되고, 결국 양식생물은 먹이가용성에 따라 축적되는 에너지의 양이 변하므로 양식해역의 먹이가용성을 평가하는 것은 결국 해당 굴 양식장의 성장 잠재력을 평가할 수 있을 것이다 (Kim, 1980).

이 연구에서는 가로림만 해역의 간이수하식 양식장의 먹이 생산량을 평가하고, 굴의 먹이섭취량을 정량적으로 평가하여 이들로부터 섭취 이용되는 에너지의 흐름을 파악하여 먹이가용성을 평가하고자 한다. 이를 통해 현재 가로림만 웅도 인근 해역의 간이수하식 양식장의 생산성을 향상 시키기 위한 제안을 하고자 하였다.

재료 및 방법

1. 기초생산력 산정

Received: December 4, 2013; Revised: December 18, 2013;
Accepted: December 20, 2013

Corresponding author : Sang-Man Cho

Tel: +82 (63) 469-1839 e-mail: gigas@kunsan.ac.kr
1225-3480/24498

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.

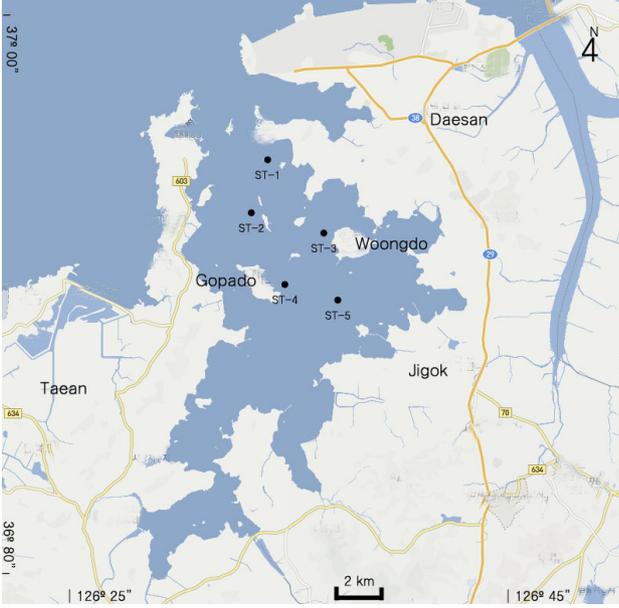


Fig. 1. Map showing sampling sites for the study.

가로림만 내 5개 정점을 설정하고, 2013년 4월부터 9월까지 매일 1회씩 수온, 염분, 용존산소, Chlorophyll-a, 및 수중 광량을 조사하였다 (Fig. 1). 수온, 염분 및 용존산소 함량은 수질측정기를 (YSI-85, YSI incorporated, Ohio, USA) 이용하여 현장에서 측정하였고, chlorophyll-a는 해양환경공정 시험법에 따라 아세톤 추출 후 분광광도계로 분석하였다. 수중 광량은 측정은 LI-190SA quantum 센서를 연결한 LI-1000 DataLogger를 사용하였다 (LI-COR, Nebraska, USA). 수심별로 측정된 수중광량을 Eq. 1과 같이 광소멸계수 (a) 를 산정하였다.

$$E_z = E_0 e^{-k_{PAR} \times z} \quad (\text{Eq. 1})$$

이 때, E_0 는 입사광의 세기, z 는 수심, E_z 는 수심 z 에 도달하는 광량에 해당한다.

한편, 조사당일의 시간별 해면입사광은 Li-190 Quantum sensor를 이용하여 매일 1시간 간격으로 측정하였다. 한편, 각 수층별 입사광량은 일간 해면입사광량에 광소멸계수를 적용하여 각 수층에 도달하는 광량을 적산하여 산출하였고, 일반적으로 유효광합성수심 (z_{cu}) 는 $\geq 0.1 \times 10^{15}$ quantum/cm²/sec 까지로 규정하지만, 이 연구에서는 양식장해역 특성상 2m 수층까지를 유효광합성층으로 계산하였다.

$$IPP_h (gC/M^2/h) = \int_{z=0}^{z_{cu}} Chl_z \times \left[P_{opt}^B \times E_{opt}^{temp} \right] (Eq. 2)$$

위 산정식에서 해역의 기초생산력 산정을 위한 유효광합성 계수 (P_{opt}^B) 와 수온과 포화광량으로 표준화된 유효광량 (E_{opt}^{temp}) 은 Kim (2003) 과 Steemann-Nielsen (1975) 의 방법을 따랐고, 각 수층별 광합성속도를 적산하여 단위면적당 광합성속도 (IPP_h) 를 산정하였고, 일조시간 동안 적산하여 일간 광합성속도 (IPP_{day} , mgC/m²/day) 로 나타내었다. 한편 기초생산력의 에너지 전환계수는 Platt (1971) 의 15.8 kcal/gC를 사용하여 단위수량당 에너지 함량으로 산정하였다.

2. 먹이가용성

먹이가용성을 평가하기 위해 2012년 4월부터 9월까지 매일 옹도해역에서 간이 수하식으로 양성중인 굴의 수하연을 채취하여 수하연을 상, 중, 하부로 나누어 각 부분당 3개의 부착기를 채취하여 개체수, 생체량 (각고, 각장, 전중량, 육중량 및 건중량) 및 폐사율을 측정하였다.

기초생산력으로부터 먹이가용성 (CC) 을 평가하기 위해서는 Jeong *et al.* (2009) 과 Kim (2003) 의 방법을 이용하여 성장을 위해 필요한 에너지요구량 (EFD) 과 생리적 섭이과정을 통해 섭취가능한 에너지량 (VE) 의 비로 나타내었다.

$$CC = \frac{VE}{EFD} \quad (\text{Eq. 3})$$

$$VE (Mcal/day) = \int_0^{T_{sub}} (\Delta FR \cdot rF_i \times N_t) \times IPP_{cal} \times 10^{-6} \quad (\text{Eq. 4})$$

이때 T_{sub} 는 어장이 해수에 잠겨있는 시간을 나타내며, N_t 는 시간 t 의 굴 개체수에 해당하고, IPP_{cal} 은 에너지 전환계수를 적용한 해수 내 에너지 함량에 해당한다. 또한 순간여수율 (ΔFR) 은 수온-체중 모델을 적용한 Kim (1995) 의 방법을 따랐고, 공급수량에 따른 여수효율 (rF_i) 은 Kim (2003) 의 방법을 따랐다. 조사해역의 간이 수하식 양식장의 장축과 단축의 길이는 40×3 m (수하연의 길이 1.2 m) 이므로, 해수유동면적은 장축을 기준으로 적용하였다. 조사해역의 조류정보는 국립해양조사원의 조류관측 자료를 활용하였고 (Khoa, 2010), 간이 수하식 양식장의 노출시간은 국립해양조사원의 조석예보 자료를 토대로 노출시간을 산정하였다 (Khoa, 2013).

$$EFD (Mcal/day) = (\Delta W \times dr \times \frac{E_k}{rG}) \times N_t \times 10^{-3} \quad (\text{Eq. 5})$$

이때 ΔW 는 일간 기대증육량에 해당하고, dr 은 건조율에 해당한다. 한편 굴의 육질에너지 함량 (E_k) 및 증육효율 (rG) 은 Kim (1980) 의 모델을 적용하였다.

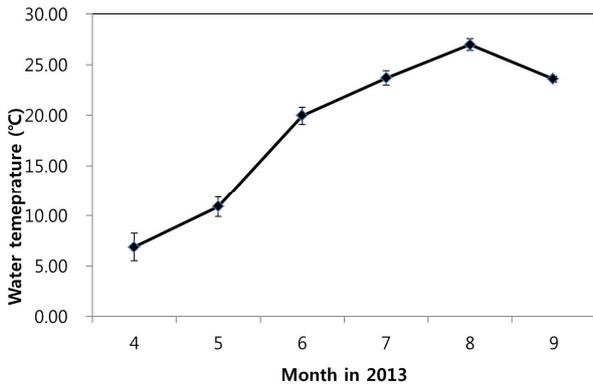


Fig. 2. Monthly variation of water temperature (°C) in Garorim Bay.

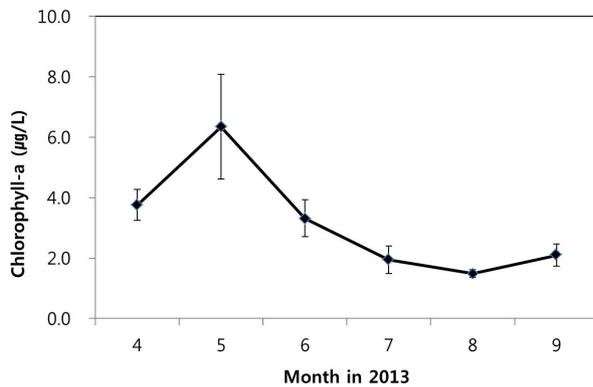


Fig. 3. Monthly variation of chlorophyll-a content of the seawater (µg/L) in Garorim Bay.

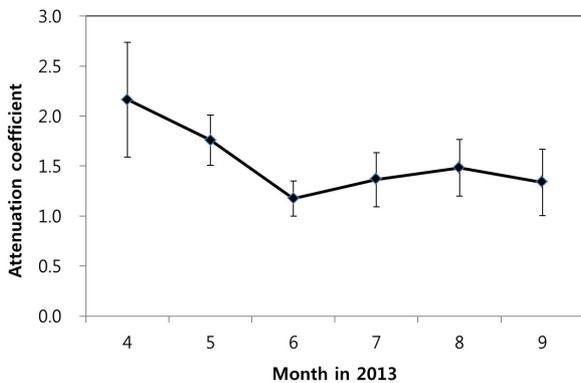


Fig. 4. Monthly variation of mean attenuation coefficient of PAR in Garorim Bay.

3. 통계처리

각각의 데이터는 월별 굴성장 및 생존율 자료는 평균값으로 나타내었고 (n = 2), 회귀분석은 Sigmaplot 11.0 (Systat software, Inc.) 을 이용하였다.

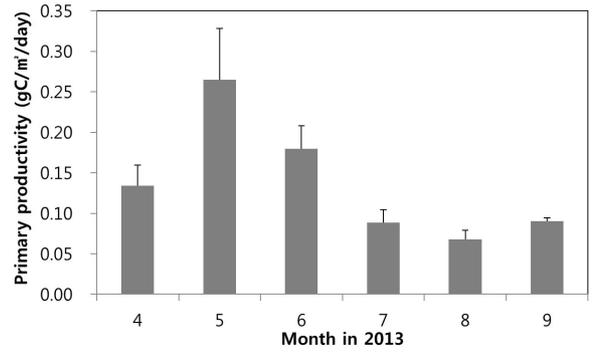


Fig. 5. Monthly variation of mean primary productivity in Garorim Bay.

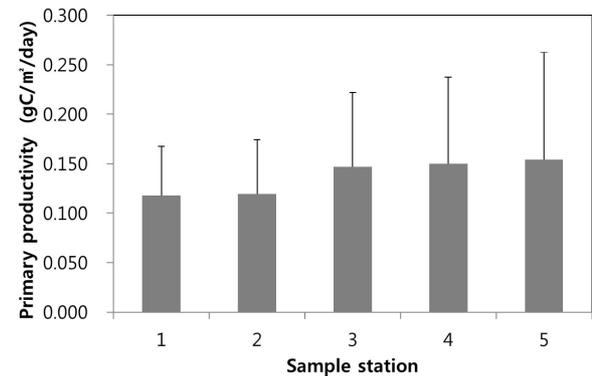


Fig. 6. Spatial variation of mean primary productivity in Garorim Bay during the studied period.

결 과

1. 기초생산력 산정

월별로 조사정점별 수온, chlorophyll-a양 및 소멸계수를 조사한 결과는 Fig. 2-4와 같다. 수온은 6.88-27.0°C의 범위였고, 8월이 가장 높았다. Chlorophyll-a는 1.490-6.348 µg/L의 범위였으며, 7-8월이 1.49-1.95 µg/L로 낮았고, 6월이 > 6 µg/L로 가장 높았다. 해면으로 입사되는 광합성유효광의 광소멸계수는 1.1744-2.16466의 범위였고, 해면입사광량은 월 평균 32.4-40.7×10¹⁵ Quanta/m²/sec의 범위였다. 한편 동 기간 중 일조시간은 14.5-17.0 hour/day의 범위였다.

이상의 기초자료로부터 일간 기초 생산력을 추정하면, 조사 월별 평균 기초생산력은 0.07-0.26 gC/m²/day의 범위로 봄철이 높았고, 여름철이 낮았다 (Fig. 5). 정점별로는 0.118-0.154 gC/m²/day의 범위로 정점 1이 가장 낮았고, 정점 5가 가장 높아 만 내측으로 향할수록 높아지는 경향을 보였다 (Fig. 6).

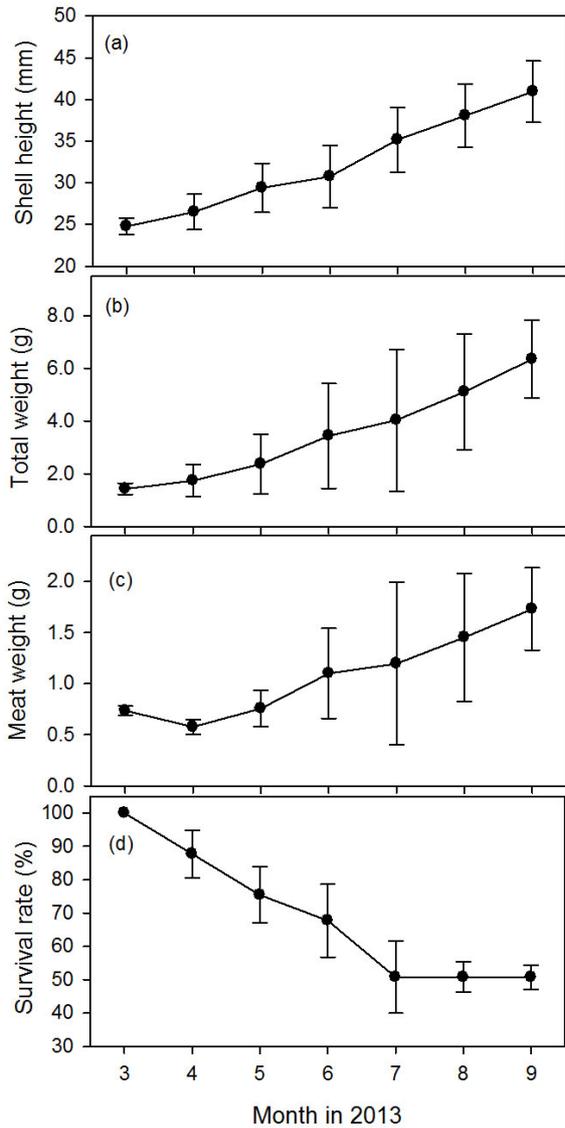


Fig. 7. Growth performance of cultured oyster in shell height (a), total weight (b), meat weight (c) and survival rate (d) in Garorim Bay.

2. 굴 성장

조사해역의 굴 성장은 3월 입식 초기에는 각각 24.8 ± 1.02 mm에서 9월까지 40.9 ± 3.6 mm로 성장하였고, 전중량은 1.4 ± 0.22 g에서 6.4 ± 1.5 g으로, 육중량은 0.74 ± 0.05 g에서 1.73 ± 0.40 g까지 성장하였으며, 3월 입식 이후 7월까지 꾸준히 폐사가 일어났고, 8월이후에는 생존율은 50.8%에 달하였다 (Fig. 7).

3. 수리학적 특성

한편 가로림만 해역 조류특성을 살펴보면, 창조류보다 낙조류가 강하며 최강유속은 창조류의 경우 133-148 cm/s의 범위였고, 낙조의 경우 189-204 cm/s의 범위였다. 한편 평균유속은 창조 49-56 cm/s의 범위였고, 낙조는 74-82 cm/s의 범위였다(Khoa, 2013). 한편 일간 노출시간은 월평균 225.8-265.8 min으로 4월이 가장 많았고, 7월이 가장 적게 노출되었다 (Table 1).

4. 먹이가용성 평가

먹이공급지수를 평가하기 위한 해수 유동장의 면적은 시설물의 장축 방향인 40 m를 기준으로 하였고, 수하연의 길이는 1.2 m를 기준으로 산정하였다. 이러한 양식장 면적으로 통과하는 일간 해수 유동량은 약 2,405-2,489 m³/day의 범위로 산정되었고, 이들 통해 공급되는 에너지는 2.6-10.2 (평균 5.3 ± 2.9) Mcal/day의 범위였다. 여수효율은 1.0-0.2의 범위였고, 6월까지의 굴의 여수율이 낮아 요구수량을 충족시켰다. 그러나 7월 이후는 수온상승과 굴의 성장에 따라 굴의 개체별 여수량이 증가하여, 여수효율이 저하되어 8월에는 여수효율이 20%에 불과하였다.

이들 자료로부터 산정한 1틀 당 평균 섭취 에너지는 0.55-7.0 Mcal/day의 범위였고, 월간 증중량은 0.27-0.54 g의 범위였다. 월간 먹이공급지수는 0.39-2.38의 범위로, 입식 초기와 7월 이후 먹이가 부족한 것으로 나타났다 (Table 2).

Table 1. Estimated tidal information for sea level and exposure duration of cultured oyster

Month	Sea level (cm)		Exposure duration (min)
	Maximum	Minimum	
4	666.2	135.6	265.8
5	679.3	154.9	249.2
6	690.3	151.4	234.4
7	692.2	153.5	225.8
8	695.7	144.6	241.2
9	692.8	140.4	246.7

Table 2. Estimation of food availability of cultured oyster in Garorim Bay

Month	Filtering efficiency	Filter volume (m ³ /day)	Intake energy (Mcal/day)	Estimated meat weight (gDW)
4	1.00	265	0.55	0.27
5	1.00	557	2.33	0.32
6	0.75	2469	7.00	0.38
7	0.42	2487	3.46	0.43
8	0.21	2456	2.59	0.49
9	0.41	2444	3.56	0.54
Mean ± STD	0.63 ± 0.33	1780 ± 1064	3.25 ± 2.14	0.41 ± 0.10

Month	Growth efficiency	Food demand (Mcal/day)	Food availability
4	0.56	1.41	0.39
5	0.44	1.52	1.53
6	0.19	2.95	2.38
7	0.09	5.25	0.66
8	0.08	5.68	0.48
9	0.09	5.07	0.70
Mean ± STD	0.24 ± 0.21	3.65 ± 1.93	1.02 ± 0.78

고 찰

조사해역의 해수 중 chlorophyll-a 함량은 전형적인 우리나라 연안의 패턴으로 봄철에 높고, 여름철 고수온기에 낮은 패턴이었다. 그러나 가로림만은 남해안의 타 양식해역에 비해 chlorophyll-a의 양이 현저하게 낮은 특징을 나타내었다 (Park, 1975; Jeong *et al.*, 2009; Lee, 2009). 수중광량도 연안의 기초생산에 가장 중요한 제한요인 중 하나이다. 해수면을 통해 입사된 유효광합성광선 (PAR) 은 물에 진입함에 따라 지수함수적으로 감소하고 이러한 감소 패턴은 복합적 환경요인에 의해 변하게 된다. 조사해역의 광감소계수는 1.17-2.16의 범위로 남해안의 굴양식해역에 비해 다소 높은 것으로 조사되었다 (Jeong, 1998; Jeong *et al.*, 2009; Lee, 2009). 이는 서해 연안해수는 해수 중 높은 육상 토양입자함량과 그 외 해상의 바람, 저질상태, 수심 등과 같은 다양한 환경요인에 의해 빛의 투과를 저해하기 때문으로 알려지고 있다 (Ahn and Moon, 1998).

조사해역의 평균 기초생산력 136.9 mgC/m²/day은 남해안의 주요 굴 생산지인 통영인근의 고성만의 709.2 mgC/m²/day (Lee, 2009), 북만의 178.1 mgC/m²/day (Cho *et al.*, 1996), 한산거제만 및 가막만의 0.52 gC/m²/day 및

0.91 gC/m²/day (Lee *et al.*, 1991) 보다 낮았다.

조사해역의 월별 증중량을 살펴보면 입식당시 0.74 ± 0.05 g이 4월에는 0.58 ± 0.07 g으로 감소하였고, 이후 9월까지 매월 0.1-0.34 (평균0.23 ± 0.10) g의 범위로 증가하였지만, 7월에는 월간 증중량이 0.10 g에 불과하였던 것은 산란 등에 의한 생리적 요인에 기인한 것으로 판단된다. 굴 성장의 추정은 통상 Bertalanffy 성장식으로 추정하지만 (Bertalanffy, 1938), 이 연구에서는 일차 선형 회귀직선식에서만 유의성이 인정되었고 (P < 0.00001), 이는 기존 선행 연구의 성장패턴과 유사하였다 (Cho and Choi, 1999). 일반적인 수하식 양식에서는 봄철 수하시 여름철 고수온기에 성장이 지연되는 S자 성장곡선을 나타내는 것과 뚜렷한 차이가 있었다 (Jeong *et al.*, 1999). 이는 전 양성기간에 걸쳐 굴 성장의 저해요인이 작용하고 있는 것으로 볼 수 있고, 많은 노출과 낮은 기초생산으로 인한 성장지연이 가장 큰 요인으로 판단된다.

한편 각 시설물당 수하연은 약 1,400 연을 수하하고, 수하연당 약 8-10개의 부착기가 있다. 한편 부착기당 종굴의 부착마리수는 약 20-30 개체가 부착되었다. 우리연구에서는 10개의 부착기에 약 27 마리의 종굴이 부착된 것으로 하여 초기 입식 밀도는 1틀당 378,000 마리로 산정하였다. 이들 개체의 일간 여수량과 증육효율을 토대로 에너지 요구량을 산정하면,

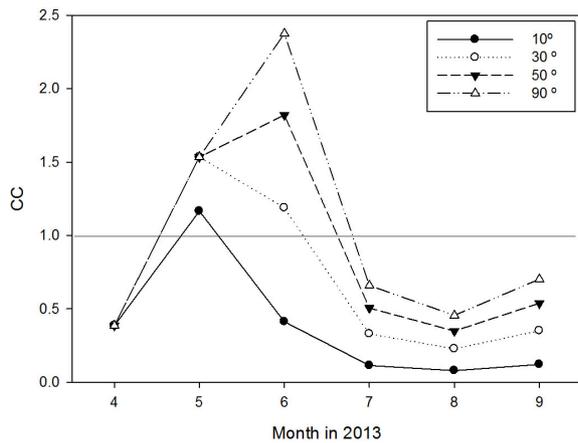


Fig. 8. Estimated food availability (CC) of oyster farm depending on approach angle of tidal current.

1.41-5.68 Mcal/day의 범위로 섭취한 에너지량에 비해 입식 초기와 7월 이후에 심각한 먹이부족 현상이 나타나는 것을 볼 수 있다 (Table 2).

조사해역의 굴양식장의 폐사율은 입식이후 7월까지 지속적으로 발생하고 있다 (Fig. 7d). 이는 입식이후 심각한 먹이부족에 의한 생리적 요인과 여름철 수온 상승에 따른 환경요인의 복합적 결과로 판단된다 (Samain *et al.*, 2007). 그러나 폐사 원인에는 많은 불명확한 요인들이 존재하므로 향후 이에 대한 보다 심도 깊은 연구가 이뤄져야 할 것으로 판단된다.

한편 8월 이후 수온 하강기의 먹이부족 현상은 조사 해역의 굴비만이 늦는 이유에 해당한다고 할 수 있다. 수온 하강기들이 본격적인 비만철에 먹이부족은 굴의 비만을 지연시켜 결국 수확시기가 늦어지는 원인이 되고 있고, 실제 이 해역의 굴 수확철은 통영인근의 수하식보다 늦어 12월 이후에 주로 이뤄지고 있다.

가로림만의 간이수하식 양식장의 1대당 시설규모는 3 × 40 × 2 m 크기의 시설물에 약 1-1.2 m의 수하연을 수하하고 있다. 이러한 시설물의 크기는 해수 유동장의 기본단위가 되며 실제 양식장의 입식 밀도와 밀접한 관련이 있다. 이 연구에서는 조류의 방향이 시설물의 장축 방향 (40 m) 에 직각으로 진입하는 것으로 가정을 하였으나, 간이수하식 양식시설이 갯골을 따라 수평방향으로 시설되어 있는 지리적 여건을 감안하면 양식장에서의 조류 진입각은 장축보다 단축방향으로 더 기울어져 있는 실정이다. 이를 고려하여 조류의 진입각에 따른 월별 먹이가용성을 산정하면 Fig. 8과 같다. 조류의 진입각에 따라 먹이 가용성의 큰 차이를 보이고 있고, 보다 높은 생산성을 유지하기 위해서는 장축 방향으로 직각을 유지할 필요가 있지만, 지리적 여건상 어려움이 있어 60°이상의 진입각을 유지하는 것이 타당할 것으로 판단된다. 이러한 조류 진입각의 조절

은 어장을 통과하는 수량이 증가하여 밀도효과를 감소시키는 효과가 있을 것으로 기대한다. 또한 지리적 여건상 이러한 어장 재배치가 어려울 경우 법적 허용기준 내 어장의 형태를 변화시켜 해수 유동면적이 최대로 될 수 있는 시설방안을 모색하는 것도 조사해역의 굴 양식 생산성을 향상시킬 수 있는 방안이 될 수 있을 것으로 판단된다.

사 사

이 논문은 2009학년도 군산대학교 신입교수 연구비 지원에 의하여 연구되었음. 또한, 연구를 지원해주신 서산어리굴젓사업단과 관계자 여러분께 감사드립니다.

REFERENCES

- Ahn, Y.H. and Moon, J.E. (1998) Specific Absorption Coefficients for the Chlorophyll and Suspended Sediment in the Yellow and Mediterranean Sea. *Korean Journal of Remote Sensing*, **14**: 353-365.
- Bertalanffy, L.v. (1938) A quantitative theory of organic growth Inquiries on growth laws. II. *Human Biology*, **10**: 181-213.
- Cho, C.H., Kim, Y.S., Yeom, M.G., Choi, J.D., Jeong, W.G., Choi, W.J., Won, Y.I., Ahn, Y.S., Kim, K.S., Noh, J.R. and Kim, H.Y. (1996) Evaluation of Environmental Capacity for Shellfish Farms in Puk Bay. Gyeongsangnam-do. Tongyeong, pp. 309.
- Cho, E.-I., Park, C.-K. and Lee, S.-M. (1996) Estimation of Carrying Capacity in Kamak Bay (II) - Estimation of Carrying Capacity of Oyster Cultre Groud. *Journal of Korean Fisheries Society*, **29**: 709-715.
- CHO, Y.R. and CHOI, Y.S. (1999) Studies on the Culture of Pacific Oyster, *Crassostrea gigas* (Thunberg), by Rack Method in the West Coast of Korea. *Bulletin of National Fisheries Research and Development Institute*, **56**: 91-99.
- Jeong, W.G. (1998) Studies on proper management of oyster farms in Pukman Bay, Korea. 193pp. Ph.D. Thesis, Graduate School of Jeju National Univeristy, Jeju.
- Jeong, W.G., Cho, S.-M. and Cho, C.H. (1999) Suspended Time Dependent Meat Weight Increase of Oysters *Crassostrea gigas*, in Pukman Bay, Korea. *Journal of Korean Malacology*, **15**: 41-47.
- Jeong, W.G., Cho, S.M. and Lee, S.J. (2009) Studies for the Sustainable Management of Oyster Farms in Pukman Bay, Korea: Estimation of Carrying Capacity from Food Availability. *Fisheries and Aquatic Sciences*, **12**: 118-129.
- KHOA (2010) Tidal Current. Korea Hydrographic and Oceanographic Administration, Pusan, Korea
- KHOA (2013) Tidal forecast. Korea Hydrographic and Oceanographic Administration, Pusan, Korea
- Kim, Y.S. (1980) Efficiency of Energy Transfer by a

- Population of the Farmed Pacific Oyster, *Crassostrea gigas* in Geojehansan Bay. *Bulletin of Korean Fisheries Society*, **13**: 179-193.
- Kim, Y.S. (1995) Filtering Rate Model of Farming Oyster, *Crassostrea gigas* with Effect of Water Temperature and Size. *Journal of Korean Fisheries Society*, **28**: 589-598.
- Kim, Y.S. (2003) Estimation of Primary Production. *In*: Aquatic Production (ed. by Kim, Y.S.), pp 5-18. Gyeongsang National University, Tongyeong.
- Lee, B.-D., Kang, H.-K. and Kang, Y.-J. (1991) Primary Production in the Oyster Farming Bay. *Bulletin of Korean Fisheries Society*, **24**: 39-51.
- Lee, S.J. (2009) Estimation of Ecological Carrying Capacity for Farming Oysters in Goseongman, Korea. 132pp. Ph.D thesis, Graduate School of Gyeongsang National University, Jinju.
- Park, C.-K. (1975) Eutrophication and Chlorophyll content in the seawater of Jinhae Bay. *Bulletin of Korean Fisheries Society*, **8**: 121-126.
- Platt, T. (1971) The Annual Production by Phytoplankton in St. Margaret's Bay, Nova Scotia. *ICES Journal of Marine Science*, **33**: 324-333.
- Samain, J.-F., Degremont, L., Soletchnik, P., Haure, J., Bedier, E., Ropert, M., Moal, J., Huvet, A., Bacca, H., Wormhoudt, A.V., Delaporte, M., Costil, K., Pouvreau, S., Lambert, C., Boulo, V., Soudant, P., Nicolas, J.-L., Leroux, F., Renault, T., Gagnaire, B., Geret, F., Boutet, I., Burgeot, T. and Boudry, P. (2007) Genetically based resistance to summer mortality in the Pacific oyster (*Crassostrea gigas*) and its relationship with physiological, immunological characteristics and infection processes. *Aquaculture*, **268**: 227-243.
- Steemann-Nielsen, E. (1975) Marine Photosynthesis with special emphasis on the ecological aspects. 141pp. Elsevier Scientific Publishing Company. New York.