

새만금방조제 건설로 인한 조업구역의 변경이 전라북도 근해형망어업의 패류어획량에 미치는 영향

최종덕 · 류동기 · 이미희^{1*}

군산대학교 해양생명과학과, ¹국립수산과학원 남해수산연구소

Influence on the catch of shellfish by offshore dredge fishery according to change fishing area to the construction of the Saemangeum Dike in Jeollabuk-do, Korea

Jong-deok CHOI, Dong-ki RYU and Mi-Hee LEE^{1*}

Department of Aquaculture and Aquatic Sciences, Kunsan National University, Gunsan 54150, Korea

¹Fisheries Research and Environment Division, National Institute of Fisheries Science, Yeosu 59780, Korea

The maximum sustained yield (*MSY*) of shellfish caught through dredge fishery was 7,250 to 7,490 MT from 1990 to 1999, which was not affected by the construction of the Saemangeum Dike. The *MSY* from 2000 to 2016, under the influence of the dike, was 1,716 to 1,776 MT when the total annual fish catch was 1,000 MT or more, and 289 to 336 MT when it was less than 1,000 MT. The construction of the Saemangeum Dike led to a decrease in the catch volume of the offshore dredge fishery in Jeollabuk-do, to 4.2 to 23.7% of that before its construction. The allowable biological catch (*ABC*) was estimated to be 313 to 1,532 MT per year, which was about 72.3 to 94.3% less than before the construction of Saemangeum Dike. Currently, the dredge fishery in Jeollabuk-do relies on comb pen shells. For fishery management, the catch per vessel should be set at 51.0 MT/year or less, and the number of fishing vessels should be reduced to 22 as quickly as possible. Besides, in the long term, the number of current fishing vessels should be reduced to less than half in consideration of the comb pen shell collecting period in Jeollabuk-do.

Keywords : Dredge, Shellfish, Catch, *MSY*, *ABC*

서론

전라북도 연안의 자연환경은 1920년대 일제에 의한 간척사업을 시작으로 1970년대에는 군산지방산업단지 조성공사, 1980년대에는 군산국가산업단지 조성공사, 1990년대에는 군장국가산업단지 조성공사, 새만금 간

척사업이라는 대규모 간척사업의 건설로 자연환경이 크게 변화하고 있는 실정이다 (Kim, 2004).

특히 새만금 갯벌이 전체 갯벌의 90%를 차지하는 전라북도 지역의 패류 생산량은 1991년을 기점으로 25,128 MT에 이르던 것 (KFA, 1992)이 1998년에는

*Corresponding author: xlxqhf@naver.com Tel: +82-01-3698-5980 Fax : +82-61-686-1588

6,043 MT으로 감소하여 (KFA, 2000) 새만금 간척사업의 진행과 함께 패류 생산량이 격감하였다 (Kim and Hwang, 2003). 새만금 간척사업으로 갯벌면적은 409 km²에서 208 km²로 감소하게 되었으며, 이는 간척사업으로 만들어지는 매립 면적의 약 51%에 해당된다.

새만금 방조제의 공정률은 1998년 12월까지 56%, 2001년 8월까지 66%, 2002년 말까지 총 33 km 중 24.2 km의 물막이 공사가 진척되어 전체 방조제 공정의 73%가 완료되었는데, 이로 인하여 급속한 환경 및 생물상의 변화가 관측되거나 예견되었다 (Kim and Hwang, 2003). 또한 방조제 공사 완료로 방조제 내부 갯벌에서는 이매패류의 대량폐사와 수질오염으로 인하여 수산자원의 고갈 등의 문제점이 있었으며, 방조제 외부에서는 저질의 침퇴적 변화, 유속의 변화, 서식지 파괴 등 많은 문제점이 발생되고 있다 (Lee, 2012).

우리나라 형망어업에 대한 조사연구는 분사식 형망의 개발에 관한 연구 (Cho and Ko, 1994a; 1994b), 황해의 충남 연안에서 형망으로 조사된 저서무척추동물의 분포 (Je et al., 1991), 피조개 형망의 어획선택성에 관한 연구 (Kim, 1999), 민들조개 (*Gomphina melanaegis*) 형망의 갈퀴에 의한 어획선택성 (Park and Kim, 2000), 형망어구에 대한 민들조개의 어획선택성 (Cho et al., 2001), 경상북도 영일만에 분포하는 이매패류의 자원조사 (Cha et al., 2012), 강릉연안에서 형망의 갈퀴 간격 및 망목 크기에 따른 어획 생물의 종조성 및 군집분석 (An et al., 2014), 포항 영일만 형망어업의 어획 및 혼획 실태 (An et al., 2015)와 영일만 형망어업 어획물의 종조성 및 분포 특성 (Hong et al., 2016) 등으로 어구개량과 어획선택성에 관한 연구가 대다수이다.

따라서 본 연구에서는 전라북도 근해형망어업의 패류 자원의 연도별 어획량 자료를 이용하여 새만금 방조제 건설이 근해형망어업의 패류 어획량에 미치는 영향에 관하여 연구하였다. 이를 통하여 전라북도 근해형망어업의 패류자원의 관리방안과 지속적 생산 유지를 위한 기초자료를 마련하고자 한다.

재료 및 방법

전라북도에서 생산되는 패류 어획량 자료는 크게 마을어업, 패류양식어업, 형망어업 및 기타어업으로 구분할 수 있다. 이 중 근해형망어업으로 어획된 패류생산량

이 아닌 마을어업, 패류양식어업과 기타어업은 자원해석에서 제외하였고, 순수하게 전라북도 근해형망어업으로 어획된 패류 어획량 자료를 이용하여 최대지속적생산량 (*MSY*)과 최대지속어획노력량 (*f_{MSY}*)을 산정하였다. 또한 본 자료를 이용하여 생물학적허용어획량 (*ABC*)을 산정한 후, 적당 적정 어획량과 적정 허가건수를 추정하였다. 패류 어획량 자료는 통계청의 총 27년 (1990~2016년) 간의 데이터베이스 (*D/B*) 통계자료와 군산시 수협자료를 이용하였고, 어선척수는 통계청과 전라북도 자료를 통하여 분석하였다.

최대지속적생산량 (*MSY*)과 최대지속어획노력량 (*f_{MSY}*)을 추정하기 위하여 Schaefer와 Fox 모델을 사용하였고, 통계청의 연도별 어획량 자료와 시·군으로부터 확인한 어선척수를 이용하여 단위노력당어획량 (*CPUE*, MT/boat)을 산정하였다.

Schaefer 모델은 어획량 (*Y*)을 어획노력량 (*f*)으로 나눈 단위노력당어획량 (*U=Y/f*)이 어획노력량과 반비례의 관계가 있다고 가정하여 아래의 식 (1)에 제시하였다 (Schaefer, 1954).

$$Y^* = U_{\infty} \cdot f - (U_{\infty} \cdot \frac{q}{r})f^2 \quad (1)$$

여기서 *Y**는 연간평균생산량, *U_∞*는 이론적 최대 단위노력당어획량, *q*는 어획능력계수, *r*은 자원의 내적증가율, *f*는 어획노력량이다.

위 식을 *f*에 대하여 미분하면

$$\frac{dY^*}{df} = U_{\infty} - 2[U_{\infty}(\frac{q}{r})]f \quad (2)$$

가 되며, 최대치를 구하기 위하여 $\frac{dY^*}{df} = 0$ 으로 하면

$f = \frac{r}{2q}$ 이고, *Y**는 $U_{\infty}(\frac{r}{4q})$ 가 된다. 이때의 *Y**가 최대지속적생산량 (*MSY*)이고, *f*가 최대지속어획노력량 (*f_{MSY}*)이다.

다음으로 Fox 모델은 Schaefer 모델과 달리 비대칭성장곡선으로 표현된다. 어획노력량이 증가하면 *CPUE*는 곡선 형태로 감소한다고 가정하였다 (Fox, 1970).

$$Y^* = U_{\infty} \exp\left(-\frac{qf}{r}\right)f \quad (3)$$

위 식을 f 에 관하여 미분하여 최대치를 구하기 위하여 $\frac{dY^*}{df} = 0$ 으로 놓고, 그때의 어획노력량 (f)과 연간평형 생산량 (Y^*)을 구하면, $f = \frac{r}{q}$, $Y^* = U_{\infty} \frac{r}{eq}$ 이 되며, 이때의 Y^* 가 최대지속적생산량 (MSY)이고, f 가 최대 지속어획노력량 (f_{MSY})이다.

전라북도 근해형망어업의 패류 어획량 변동은 새만금 방조제 건설로 형망어선의 통행이 제한되고, 어획량 변화가 가장 심하게 발생된 1999년부터 시작된다.

따라서 새만금 방조제 건설로 인하여 패류 어획량에 영향을 미치는 시점을 1999년으로 추정하였다. 또한 키조개는 2000년 이후 연간 총 어획량의 약 80% 이상을 차지했으며, 연간 어획량 변동이 매우 심한 어종이었다. 따라서 본 연구에서는 방조제 건설로 인하여 영향 받은 1999년을 기점으로 구분한 후, 주 우점종인 키조개의 연간어획량 변동에 따라 1,000 MT 이상과 미만으로 구분하여 최대지속적생산량 (MSY)과 최대지속어획노력량 (f_{MSY})을 산정하였다.

생물학적허용어획량 산정은 Zhang and Lee (2001)가 제시하고 있는 이용 가능한 정보의 질적 수준에 따라 제5단계 방법으로 추정하였다 (Table 1). 정보수준이 가장 높은 제1단계는 해당연도의 자원량 (B)과 최대지속적생산량을 얻을 수 있는 자원량 (B_{MSY})과 이때의 순간어획사망계수 (F_{MSY})에 관한 정보가 이용 가능한 경우이다. 이 제1단계에서는 현재 자원량이 B_{MSY} 보다 큰 경우 ($B/B_{MSY} > 1$)와 어떠한 임계수준보다는 크지만, 현재 자원량보다는 작은 경우 ($\alpha < B/B_{MSY} \leq 1$), 그리고 이 임계수준보다도 작은 경우 ($B/B_{MSY} \leq \alpha$)의 3가지 경우로 나누어서, 현재의 자원상태를 고려해 각각 생물학적허용어획량 수준의 순간어획사망계수 (F_{ABC})를 추정한다.

정보수준에 따라 선택되는 제2단계에서도 현재의 수준과 비교하여 생물학적허용어획량 수준의 순간어획사망계수를 구한다. 그러나 제3단계에서는 단지 $F_{0.1}$ 값을 F_{ABC} 로 간주하여 생물학적허용어획량을 구하며, 제4단계에서는 단위노력당어획량 자료를 사용하여 현재의

수준과 비교하여 생물학적허용어획량을 구한다. 한편, 정보수준이 가장 낮은 제5단계에서는 연도별 어획량 정보만 있는 경우로 이때의 생물학적허용어획량은 적정기간의 어획량 산술평균치의 50% 이상에서 현재 자원상태를 고려하여 계산한다. 여기서, 어획량 산술평균치를 구하는데 있어서 적정기간은 ① 해당어종의 어획가입연령 이후부터 최고 어획대상연령까지의 년수보다 긴 기간, ② 어획량에 큰 변화가 없었던 기간, ③ 어획노력량에 큰 변화가 없었던 기간, ④ 어획관리방법 (할당량 등)에 큰 변화가 없었던 기간 등을 고려하여 결정한다.

Table 1. Tiers used to determine the acceptable biological catch (ABC) in Korean TAC fisheries management system (Zhang and Lee, 2001)

<p>Tier 1. Information available: Reliable estimates of B, B_{MSY}, F_{MSY} and $F_{x\%}$</p> <p>1a) Stock status: $B/B_{MSY} > 1$ $F_{ABC} = F_{MSY}$</p> <p>1b) Stock status: $\alpha < B/B_{MSY} \leq 1$ $F_{ABC} = F_{MSY} \times (B/B_{MSY} - \alpha) / (1 - \alpha)$</p> <p>1c) Stock status : $B/B_{MSY} \leq \alpha$ $F_{ABC} = 0$</p>
<p>Tier 2. Information available: Reliable estimates of B, $B_{x\%}$ and $F_{x\%}$</p> <p>2a) Stock status: $B/B_{x\%} > 1$ $F_{ABC} = F_{x\%}$</p> <p>2b) Stock status: $\alpha < B/B_{x\%} \leq 1$ $F_{ABC} = F_{x\%} \times (B/B_{x\%} - \alpha) / (1 - \alpha)$</p> <p>2c) Stock status: $B/B_{x\%} \leq \alpha$ $F_{ABC} = 0$</p>
<p>Tier 3. Information available: Reliable estimates of B and $F_{0.1}$ $F_{ABC} = F_{0.1}$</p>
<p>Tier 4. Information available: Time-series catch and effort data</p> <p>4a) Stock status: $CPUE/CPUE_{MSY} > 1$ $ABC = MSY$</p> <p>4b) Stock status: $\alpha < CPUE/CPUE_{MSY} \leq 1$ $ABC = MSY \times (CPUE/CPUE_{MSY} - \alpha) / (1 - \alpha)$</p> <p>4c) Stock status: $CPUE/CPUE_{MSY} \leq \alpha$ $ABC = 0$</p>
<p>Tier 5. Information available: Reliable catch history $ABC = P \times YAM$ (average catch over an appropriate time period), $0.5 \leq P \leq 1.0$</p>

결 과

어획량 변동

전라북도 총 패류생산량은 1994년에 12,956 MT으로 가장 높은 생산량을 나타냈고, 2015년에 51 MT으로 가장 낮은 어획량을 보였다.

1990년대는 평균 6,896 MT, 2000년대는 평균 2,119 MT으로 점차적으로 어업 생산량이 감소하는 추세가 뚜렷하게 나타났다 (Fig. 1~3, Table 2).

근해형망어업 (허가어업) 어획량 자료는 1990년대 초반에 높은 어획량을 유지하고 있었으나, 이후 1990년대 후반부터 2000년대까지 지속적으로 감소하였다. 어획량은 1990년대에 평균 6,700 MT을 나타냈고, 이후 점차 감소하여 2000년대에는 주 조업대상종이 대량 어획 시 평균 1,745 MT, 소량 어획시 평균 222 MT으로 전체 평균 760 MT이었다 (Fig. 1~3, Table 2).

연안형망어업 (허가어업) 어획량은 통계자료상 1993~1997년까지와 2002년의 기록이 있으나, 2002년의 기록은 패류형망어업의 기록으로 확인되었다.

어획량은 73~544 MT을 어획하고 있었다. 1999년 허가어업 폐지로 이후 어획량 자료는 남아있지 않았다 (Fig. 1~3, Table 2).

패류형망어업 (구획어업) 어획량 자료는 전라북도의 패류 양식장에서 근해형망어선을 관리선으로 등록 후 어획물을 수협에 위판하는 것으로 나타났다.

자료는 1998년부터 기록되어져 있었다. 연간 관리선 등록 평균 척수는 1~10척, 어선 규모는 7.93~9.77톤급으로 나타났다. 또한 패류형망어업은 연도, 말도, 십이동파도, 왕등도 등의 해역에서 가을 이후 키조개와 기타패류를 대상으로 조업이 이루어짐을 확인할 수 있었다 (MIFAFF and NFRDI, 2005; MIFAFF and NFRDI, 2010).

패류형망어업의 어획량은 평균 1,450 MT으로 2007년에 3,453 MT으로 가장 높았고, 2014년에 5 MT으로 가장 낮았으며, 관리선 등록 척수에 따라 차이가 발생하는 것으로 나타났다 (Fig. 1~3, Table 2).

Table 2. Annual catches of shellfish in Jeollabuk-do (Data from MOMAF, 1990~2016)

Year	Catch (MT)			Total
	Offshore dredge	Coastal dredge	Shellfish dredge	
1990	11,061			11,061
1991	6,502			6,502
1992	5,914			5,914
1993	9,526	194		9,720
1994	12,412	544		12,956
1995	8,179	251		8,430
1996	3,670	73		3,743
1997	5,769	433		6,202
1998	1,683		106	1,789
1999	2,640			2,640
2000	1,643			1,643
2001	463			463
2002	141	7		148
2003	273		2,129	2,402
2004	17		1,356	1,373
2005	1,230		77	1,307
2006	48		1,625	1,673
2007	2,645		3,453	6,098
2008	276		1,291	1,567
2009	553		5,171	5,724
2010	1,734		3,488	5,222
2011	1,593		1,307	2,900
2012	1,630		16	1,646
2013	138		91	229
2014	118		5	123
2015	11		40	51
2016	412		3,037	3,449

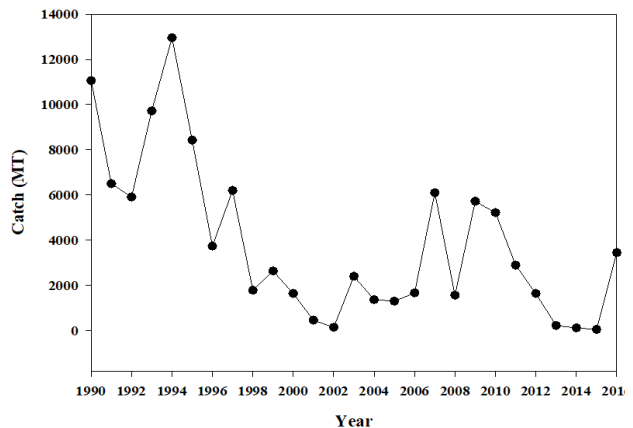


Fig. 1. Annual change of shellfish catch in Jeollabuk-do from 1990 to 2016 (Data from MOMAF, 1990~2016).

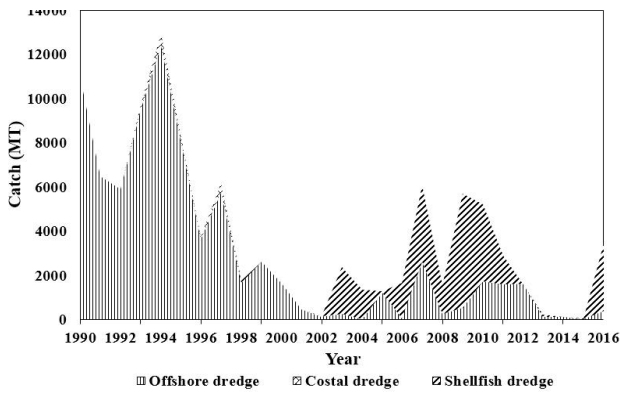


Fig. 2. Annual change of shellfish catch by Offshore dredge, costal dredge and shellfish dredge in Jeollabuk-do from 1990 to 2016 (Data from MOMAF, 1990~2016).

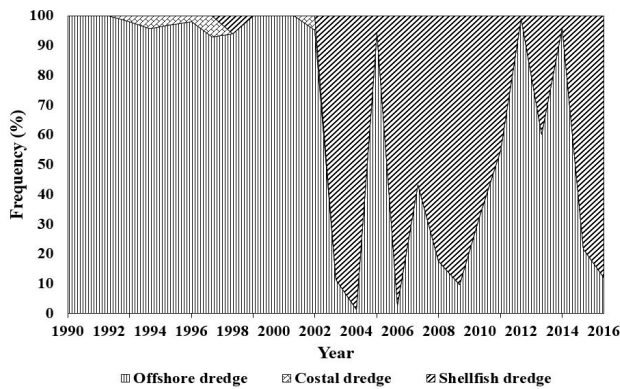


Fig. 3. Annual change of shellfish catch rate by Offshore dredge, costal dredge and shellfish dredge in Jeollabuk-do from 1990 to 2016 (Data from MOMAF, 1990~2016).

최대지속적생산량(MSY)과 최대지속어획노력량(f_{MSY}) 추정
 전라북도 근해형망어업의 패류어획량 $CPUE$ 변동을 살펴보면, 1990년에 395.0 MT/척으로 가장 높았고, 2004년과 2015년이 0.4 MT/척으로 가장 낮았다. $CPUE$ 의 연간 변동이 심하였고, 점차적으로 감소하는 경향이 뚜렷하게 나타났다 (Fig. 4, Table 3).

새만금 방조제가 패류자원 어획량에 영향을 미치지 않은 1990~1999년의 연도별 어획량과 적당 어획량 ($CPUE$) 자료를 Schaefer와 Fox 모델에 적용하여 산정된 $MSY (f_{MSY})$ 는 각각 7,250 MT (28척), 7,490 MT (17척)으로 추정되었다. 새만금 방조제 건설이 패류자원에 영향을 미치기 시작한 2000~2016년 중 연간 총 어

Table 3. Catch (MT) and $CPUE$ (MT/boat) of offshore dredge fishery in Jeollabuk-do from 1990 to 2016 (Data from MOMAF, 1990~2016)

Year	Catch (MT)	Number of boats	$CPUE$ (MT/boat)
1990	11,061	28	395.0
1991	6,502	32	203.2
1992	5,914	36	164.3
1993	9,526	35	272.2
1994	12,412	35	354.6
1995	8,179	35	233.7
1996	3,670	29	126.6
1997	5,769	19	303.6
1998	1,683	36	46.8
1999	2,640	39	67.7
2000	1,643	41	40.1
2001	463	41	11.3
2002	141	40	3.5
2003	273	39	7.0
2004	17	38	0.4
2005	1,230	38	32.4
2006	48	39	1.2
2007	2,645	36	73.5
2008	276	31	8.9
2009	553	29	19.1
2010	1,734	32	54.2
2011	1,593	30	53.1
2012	1,630	30	54.3
2013	138	30	4.6
2014	118	10	11.8
2015	11	28	0.4
2016	412	28	14.7

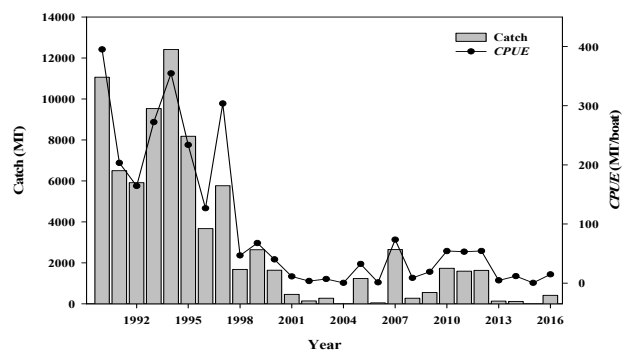


Fig. 4. Annual changes in total catch (MT) and $CPUE$ of offshore dredge fishery in Jeollabuk-do from 1990 to 2016 (Data from MOMAF, 1990~2016). $CPUE$ means catch per unit effort of the offshore dredge fishery.

획량이 1,000 MT 이상일 때의 자료를 Schaefer와 Fox 모델에 적용하여 산정된 $MSY (f_{MSY})$ 는 각각 1,776 MT (37척), 1,716 MT (32척)로 추정되었고, 1,000 MT 미만일 때 산정된 $MSY (f_{MSY})$ 는 각각 336 MT (42척), 289 MT (43척)로 추정하였다 (Fig. 4~10). 따라서 새만금 방조제 건설 이후의 MSY 의 변동은 방조제 건설 전에 비하여 약 4.2~23.7% 수준인 것으로 나타났다.

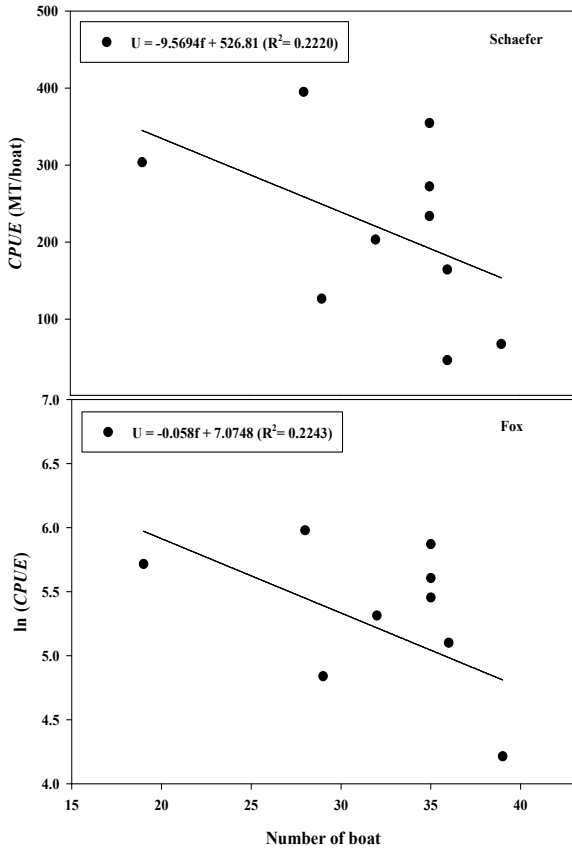


Fig. 5. Relationship between fishing effort and catch per boat for offshore dredge fishery during 1990-1999.

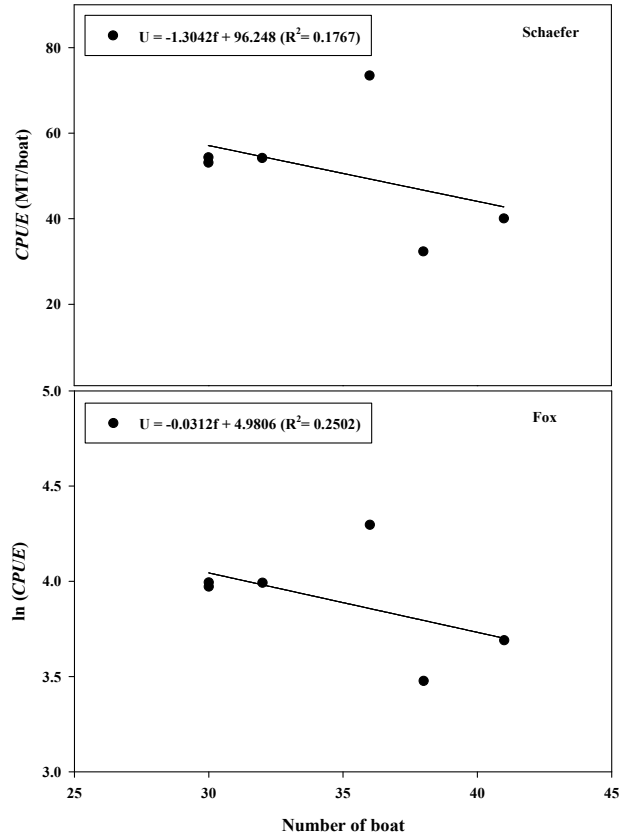


Fig. 7. Relationship between fishing effort and catch per boat for offshore dredge fishery during 2000-2016 (annual total catch > 1,000 MT).

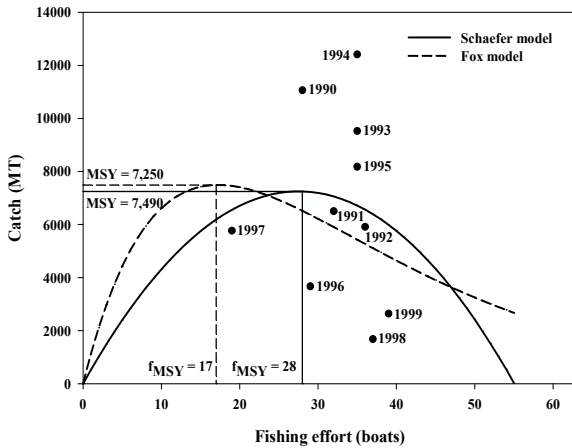


Fig. 6. Relationship between catch and fishing effort of offshore dredge fishery by Schaefer and Fox model during 1990-1999.

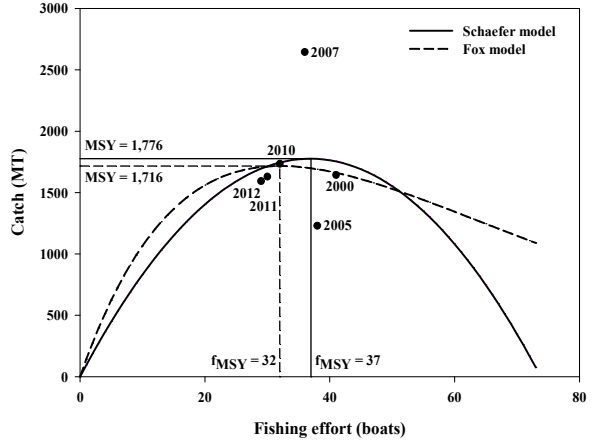


Fig. 8. Relationship between catch and fishing effort of offshore dredge fishery by Schaefer and Fox model during 2000-2016 (annual total catch > 1,000 MT).

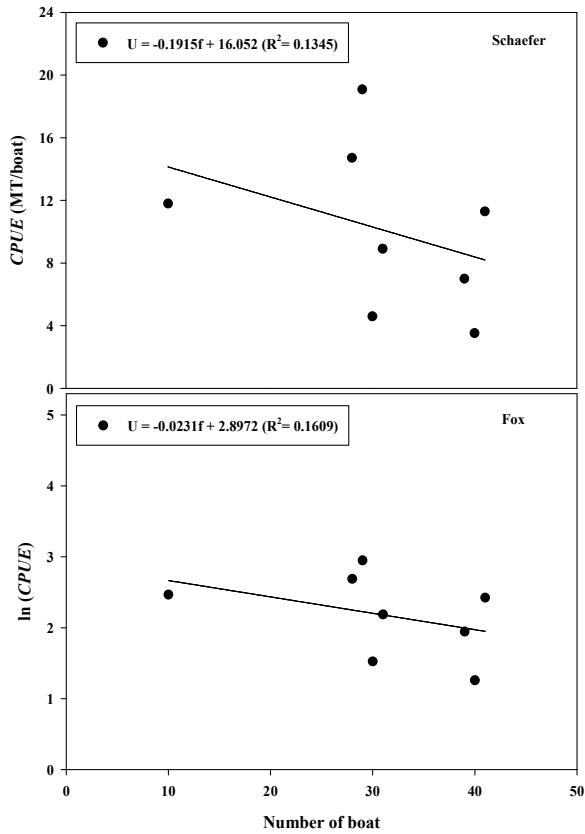


Fig. 9. Relationship between fishing effort and catch per boat for offshore dredge fishery during 2000-2016 (annual total catch < 1,000 MT).

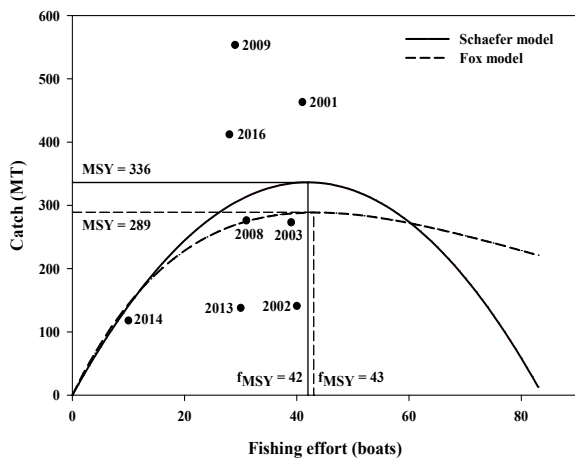


Fig. 10. Relationship between catch and fishing effort of offshore dredge fishery by Schaefer and Fox model during 2000-2016 (annual total catch < 1,000 MT).

생물학적허용어획량 (ABC)

전라북도 패류자원은 새만금 방조제 건설로 인하여 어획량 변동이 매우 심하고, 2000년대부터 현재까지 주 어획대상종인 키조개의 연간 어획량 변동에 따라 총 어획량의 변화가 심하다. 또한, 기타 어종의 불규칙한 어획으로 각 어종에 대한 정확한 자원량 산정이 불가능하였다. 라서 앞에서 제시된 1~3단계의 생물학적허용어획량 (ABC) 산정은 불가능하였고, 4단계를 적용하여 산정하였다.

제4단계에서 전라북도 근해형망어업의 패류자원 상태인 $CPUE$ 와 $CPUE_{MSY}$ 를 비교하여 $CPUE/CPUE_{MSY} > 1$ 이상이면 $ABC = MSY$ 와 같이 결정하였고, $\alpha < CPUE/CPUE_{MSY} \leq 1$ 이면 $ABC = MSY \times (CPUE/CPUE_{MSY} - \alpha)/(1 - \alpha)$, $CPUE/CPUE_{MSY} \leq \alpha$ 면 $ABC = 0$ 으로 하였다.

본 연구에서 $CPUE/CPUE_{MSY}$ 를 추정된 결과 1990~1999년까지 Schaefer와 Fox 모델에서 모두 1.0 이하이므로 패류자원과 기타어업과의 관계를 고려하여 각각 5,438 MT과 5,618 MT으로 산정하였다. 2000~2016년까지 중 연간 총 어획량이 1,000 MT 이상일 때는 Schaefer 모델에서의 $CPUE/CPUE_{MSY}$ 가 1.0 이상이므로 1,776 MT, Fox 모델에서는 $CPUE/CPUE_{MSY}$ 가 1.0 이하이므로 1,287 MT으로 산정하였고, 연간 총 어획량이 1,000 MT 미만일 때의 Schaefer와 Fox 모델에서는 $CPUE/CPUE_{MSY}$ 가 1.0 이상이므로 ABC값을 289~336 MT으로 산정하였다 (Table 4).

Table 4. ABC estimates of offshore dredge fishery by 4th tier in Jeollabuk-do, Korea

Tier	Year	Stock status (MT)			ABC (MT)		
		Schaefer	Fox	Mean	Schaefer	Fox	Mean
4 th	1990~1999	7,250	7,490	7,370	5,438	5,618	5,528
	2000~2016 ¹⁾	1,776	1,716	1,746	1,776	1,287	1,532
	2000~2016 ²⁾	336	289	313	336	289	313

Note. 1) Annual total catch > 1,000 MT.

2) Annual total catch < 1,000 MT.

고 찰

전라북도 근해형망어업의 어선은 새만금 방조제 건설로 인하여 주 조업어장 이용에 통행의 제한이 발생하였다 (Hwang and Kim, 2003). 근해형망어업으로 어획되

는 주 어획대상종은 1990~1999년까지는 큰구슬우렁이, 개량조개, 동죽, 피조개, 백합, 키조개, 피뿔고둥이었으며, 이후 2000~2006년까지는 큰구슬우렁이, 키조개, 백합, 피뿔고둥, 피조개, 2007~2016년까지는 키조개, 피뿔고둥, 피조개 등으로 새만금방조제 건설로 통행의 제한을 받은 1999년부터 점차 주 포획대상종이 변화하였다. 또한 2000년부터는 키조개 어획량에 따라 형망어업의 연간 총 어획량의 변동이 매우 심하였다. 따라서 본 연구에서는 새만금 방조제로 패류 어획량에 영향을 받는 시점인 1999년 전, 후와 2000년 이후 연간 총 어획량을 1,000 MT 이상, 미만으로 구분하여 새만금방조제 건설로 인하여 전라북도 근해형망어업의 패류어획량의 최대지속적생산량 (MSY)과 생물학적허용어획량 (ABC)의 변화를 추정하였다. 이는 키조개가 대량으로 어획될 시 대부분 1,000 MT 이상의 어획량을 보였으나, 소량으로 어획될 시 1,000 MT 미만으로 키조개의 어획량에 따라 근해형망어업의 어획량 변동이 매우 극단적으로 나타나기 때문이다.

새만금 방조제 건설이 패류자원 어획량에 영향을 미치지 않은 1990~1999년에 Schaefer와 Fox 모델로 추정된 MSY 와 f_{MSY} 는 각각 7,250 MT (28척), 7,490 MT (17척)로 나타났다. 새만금 방조제 건설이 패류자원에 영향을 미치기 시작한 2000~2016년 중 연간 총 어획량이 1,000 MT 이상일 때의 MSY 와 f_{MSY} 는 각각 1,776 MT (37척), 1,716 MT (32척), 미만일 때의 MSY 와 f_{MSY} 는 각각 336 MT (42척), 289 MT (43척)으로 나타나 새만금 방조제 건설로 인하여 발생된 영향에 따른 MSY 값의 변동은 약 4.2~23.7% 수준을 보였다. 방조제의 영향을 받는 기간 중 연간 총 어획량이 1,000 MT 이상과 미만일 때 평균 5.6배의 차이를 보여 키조개의 연간 어획량에 따라 최대지속적생산량 (MSY)의 변동이 매우 심하게 나타났다.

생물학적허용어획량 (ABC)은 1~3단계에서는 추정할 수 없었고, 4단계를 이용하여 추정하였다. 새만금 방조제 건설이 패류자원 어획량에 영향을 미치지 않은 1990~1999년에 Schaefer와 Fox 모델에서 추정된 ABC 는 각각 5,438 MT, 5,618 MT으로 두 가지 모델 값을 평균하면 5,528 MT으로 산정된다. 또한 새만금 방조제 건설이 패류자원에 영향을 미치기 시작한 2000~2016년 중 연간 총 어획량이 1,000 MT 이상일 때의

ABC 는 각각 1,776 MT (Schaefer 모델), 1,287 MT (Fox 모델)으로 두 모델 값의 평균치는 1,532 MT으로 산정되고, 1,000 MT 미만일 때의 ABC 는 각각 336 MT (Schaefer 모델), 289 MT (Fox 모델)으로 두 모델의 평균 값은 313 MT으로 산정된다.

따라서 새만금방조제 건설 전에는 연간 5,528 MT을 어획할 수 있으나, 방조제 건설 후에는 많은 경우 연간 1,532 MT, 적은 경우에는 약 313 MT으로 새만금방조제 건설로 최대 약 94.3%, 최소 약 72.3% 감소하여 전라북도 형망어업은 새만금방조제 건설로 인하여 치명적인 타격을 받은 것을 알 수 있다.

또한 통계청의 최근 17년(2000~2016년)의 자료 중 연간 어획량이 1,000 MT 이상인 때는 6년 (35.3%), 미만일 때는 11년 (64.7%)으로 전라북도 전체 형망 어획량이 연간 1,000 MT 이상인 년도가 미만인 연도보다 약 50% 정도로 2년에 한번 꼴로 정상적인 어획을 하지 못하고 있는 것으로 나타났다. 이는 전라북도 근해형망어업의 주 어획대상종인 키조개가 얼마나 어획되느냐에 따라 나타나는 결과로 키조개의 어획량이 전체 근해형망어업의 어획량을 좌우한 결과이다.

이로 인하여 연간 위판금액이 1,000 MT 이상일 때는 41,000~132,000천원/척 (평균 75,000천원/척), 미만일 때는 4,000~27,000천원/척 (평균 12,000천원/척)으로 연간 어획량에 따라 어획량과 위판금액의 차이가 매우 심하게 나타났다. 특히 연간어획량이 1,000 MT 미만인 경우에는 도저히 어업이 이루어질 수 없는 생산량이다.

따라서 전라북도 근해형망어업의 연간어획량을 1,000 MT 이상으로 설정하여 본 조사에서 산정한 ABC 인 1,532 MT 이하로 목표치를 설정하여야 할 것이다. 이를 달성하기 위하여 현재 조업척수인 30척으로 산정하면 51.0 MT/척(60,000천원/척)을 전라북도 근해형망어업의 연간 적당어획량으로 추정할 수 있다. 하지만 현재의 자원량이 절대적으로 부족하므로 산정한 ABC 의 75% 수준 (1,179 MT/년)에서 조업한다면 점차적으로 자원을 증가시킬 수 있을 것이며, 적당어획량 (51.0 MT)을 고정하고 조업가능 척수를 재산정하면 약 22척으로 계산되어 진다.

따라서 전라북도 형망어업의 경우 시급하게 적당 어획량을 51.0 MT/년 이하로 하고, 조업척수를 22척으로 감축하여야 할 것이다. 또한 장기적으로는 2년에 1년

정도 키조개 자원을 채취할 수 있다는 것을 고려한다면 현재의 조업척수 (30척)를 15척으로 감축한다면 어느 정도 수익성을 유지할 수 있을 것으로 예측된다.

결론

형망어업으로 어획된 패류자원의 최대지속적생산량 (*MSY*)은 새만금 방조제 건설로 어획량에 영향을 받지 않은 1990~1999년까지는 7,250~7,490 MT, 영향을 받기 시작한 2000~2016년 중 연간 총 어획량이 1,000 MT 이상일 때는 1,716~1,776 MT, 미만일 때는 289~336 MT이었다. 새만금 방조제 건설로 인하여 전라북도 근해형망어업은 방조제 건설 전의 약 4.2~23.7% 수준으로 감소하였다. 생물학적허용어획량 (*ABC*)은 연간 313~1,532 MT으로 산정하였고, 이는 새만금방조제 건설 전과 비교하여 약 72.3~94.3% 감소된 것으로 나타났다. 현재 전라북도 형망어업은 키조개 자원에 의존하고 있으며, 어업관리를 위하여 적당 어획량을 51.0 MT/년 이하로 설정하고, 조업척수를 시급히 22척으로 감축하여야 할 것이다. 이와 더불어 장기적으로 전라북도 키조개 자원의 채취 주기를 고려하여 현 조업척수를 절반 이하로 감축해야 할 것이다.

References

- An HC, Bae JH, Park JM, Park CD and Hong SE. 2014. Species composition and cluster analysis of the communities caught by dredge in relation to tooth spacing and mesh size in the coastal waters of Gangneung, Korea. *J Korean Soc Fish Technol* 50(4), 503-541. (DOI:10.3796/KSFT.2014.50.4.530)
- An HC, Park HH, Park JM, Hong SE, Yoon BS, Park CD and Bae JH. 2015. Catch and Bycatch of Dredge in the Yeongil Bay, Pohang. *J Korean Soc Fish Technol* 51(4), 493-503. (DOI:10.3796/KSFT.2015.51.4.493)
- Cha BY, Lee CS, Moon TS and Park MS. 2012. A Study on bivalves in Yeongil Bay of Gyeongsangbuk-Do Province, Korea. *Korean J Malacol* 28(2), 101-108.
- Cho BK and Ko KS. 1994(a;b). Development of Hydraulic Jet Dredge. *Kunsan Nat'l. Univ. Fisheries science institute 2*, (a;171-181, b;183-194).
- Cho YG, Ryu SO, Khu YK and Kim JY. 2001. Geochemical composition of surface sediments from the Saemangeum tidal flat, west coast of Korea. 「The Sea」 *J Kor Soc Oceanogr* 6(1), 27-34.
- Fox WW. 1970. An exponential surplus-yield model for optimizing exploited fish populations. *Transaction of American Fisheries Society*. 90, 80-88.
- Hong SE, Bae JH, Park CD, Park JM, Yoon BS and An HC. 2016. Species composition and distribution property of dredge fishery in Yeongil Bay, Korea. *J Korean Soc Fish Technol* 52(1), 48-55. (DOI:10.3796/KSFT.2016.52.1.048)
- Je JG, Park HS, Lim HS and Lee JS. 1991. Distribution pattern of benthic invertebrates dredged in the coastal waters of Chungchongnamdo, Korea (Yellow Sea). *Yellow sea research* 4, 103-119.
- KFA (Korea Fisheries Association). 1992. *Korean Fisheries Yearbook*. KFA, 411-433.
- KFA (Korea Fisheries Association). 2000. *Korean Fisheries Yearbook*. KFA, 546-5473.
- Kim JS and Hwang SD. 2003. Biomass of Shellfish in the Saemangeum Tidal Flat on the West coast of Korea. *J Kor Fish Soc* 36(6), 757-761.
- Kim JK. 2004. The types and distribution of a fish trap in Gogunsan-Gunsan Area. MS Thesis, *Kunsan Nat'l. Univ.*, Korean, 1-2.
- Kim YK. 1999. A study on the catching selectivity of the Ark Shell (*Scapharca brounptonii*) dredge. MS Thesis, *Kunsan Nat'l. Univ.*, Korean, 10-45.
- Lee JH. 2012. Spatial and temporal variation of benthic polychaetous community in the offshore area outside Saemangeum dike since Saemangeum dike construction. Ph.D. Thesis, *Chonnam Nat'l. Univ.*, Korean, 3.
- MIFAFF (Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs) and NFRDI (National Fisheries Research and Development Institute). 2005. Korean coastal and offshore fishery census. Jeollabuk-do, 95.
- MIFAFF (Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs) and NFDRI (National Fisheries Research and Development Institute). 2010. Korean coastal and offshore fishery census. Jeollabuk-do, 98-101.
- MOMAF (Ministry of oceans and fisheries). 2017. Statistics of ships and catches. Retrieved from <http://www.fips.go.kr> cessed December 2, 2016.
- Park HH and Kim SH. 2000. Tooth selectivity on venus clam (*Gomphina melanaegis*) dredge. *Bull Korean Soc Fish*

Tech 36(4), 267-273.

Schaefer MB. 1954. Some aspects of the dynamics of populations important to the management of the commercial marine fisheries. Bull Int Am Trop Tuna Commun 1, 27-56.

Zhang CI and Lee JB. 2001. Stock assessment and management implications of horse mackerel (*Trachurus japonicus*) in Korean waters, based on the relationships between

recruitment and the ocean environment. Progress in Oceanography. 49, 513-537.

2017. 07. 26 Received

2017. 08. 29 Revised

2017. 08. 29 Accepted