

동중국해 참조기자원에 대한 단위노력당어획량 (CPUE)의 표준화

이동우 · 이재봉 · 김영혜 · 정석근
국립수산과학원

Standardization of Catch per Unit Effort (CPUE) for Yellow Croaker (*Larimichthys polyactis*) in the East China Sea

Dong Woo LEE, Jae Bong LEE, Yeonghye KIM and Sukgeun JUNG
National Fisheries Research and Development Institute, Gijang, Busan 619-705, Korea

Yellow croaker (*Larimichthys polyactis*) is a major target species of large pair trawl fishery in the East China Sea. To standardize catch per unit effort (CPUE) of yellow croaker for the large pair trawl fishery, generalized linear model (GLM) was applied to evaluate and eliminate the influence of the explanatory factors (year, month, horse power and gross tonnage of vessel) on daily catches per boat collected and compiled by National Fisheries Research and Development Institute (NFRDI) from 1990 to 2007 at the fishery auction places of Busan, Masan and Incheon in Korea. Results of GLM showed that all of the factors significantly influenced on CPUE, explaining 36% of the total deviance. The standardized CPUE indicated that the abundance of yellow croaker in 2000's was 1.7 times higher than the CPUE in 1990's.

Key words: Yellow croaker, CPUE, GLM, Standardization, R package

서 론

동중국해는 이를 둘러싸고 있는 주변국 즉, 한국, 중국, 일본 등에 의해 주로 이용되고 있는 중요한 어장이다. 이 어장은 1999년 한일간, 2000년 중일간, 2001년 한중간 등의 양국간 어업협정이 발효됨으로서 어장이 각국의 관할권에 따라 분리되었다(Kang, 2003). 동국해어장에서 타국의 관할 해역에서 조업을 하고자 하는 어업자는 양국간 어업협정에 따른 조업규칙에 따라 허가를 받아야만 조업이 가능하다(Park and Choi, 2000). 이러한 결과로 동중국해에서 마음대로 조업해왔던 우리나라 어업자들은 협정 이전과 달리 조업에 상당한 제약을 받게 되었다. 특히 우리나라의 경우, 쌍끌이대형기선저인망(쌍끌이대형기저), 근해안강망, 꽃게통발 등 중국측 관할권에서 조업을 많이 해왔던 어업들은 거의 어장을 중국측에 내어주게 되었다. 또한 '90년대 중국의 경제개발속도가 가속화됨에 따라 어업기술과 어선세력이 급속히 팽창함으로서 우리 어선이 조업권을 가지고 있다하더라도 더 이상 중국측 관할권에서는 조업을 할 수 없을 정도가 되었고, 상대적으로 우리측 관할권내에서 과밀조업이 이루어짐에 따라 어업의 생산성은 급격히 낮아졌다. 결국 한국정부에서는 어업협정의 결과에 따른 대대적인 감척을 실시를 하지 않을 수 없었다(Park and Lee, 2005). 이러한 변화는 참조기를 어획하는 쌍끌이대형기저어업의 단위노력당어획량에 상당한 영향을 주었을 것으로 생각된다.

참조기는 저서성어류로서 황해 및 동중국해에 널리 분포

하고 있으며 봄의 산란기가 되면 연안쪽으로 회유해 오는 어종이다(Yang and Cho, 1982). 한국에서 참조기를 어획대상으로 하는 어업은 쌍끌이대형기선저인망, 근해안강망, 근해자망 등이며, 특히 최근 들어 쌍끌이대형기선저인망 및 근해안강망에 의한 참조기의 어획비율이 감소한 반면 근해자망의 어획비율이 늘었다. 한국의 참조기 어획량은 1980년대 초반 1만 톤 이하로 감소하였다가 이후 증가하기 시작하여 1992년에는 4만여 톤을 나타내었으나, 이후 다시 감소하여 2003년에는 7천 톤 수준이었다. 그러나 그 후 2007년 약 3만5천 톤의 어획으로 급속히 증가하였다. 이와 더불어 쌍끌이대형기선저인망의 어획도 증가하였다.

일반적으로 자원평가에는 자원밀도지수를 이용한 개체군동태모델을 포함하고 있고, 이때의 자원지수는 조업어선의 단위노력당어획량(CPUE) 혹은 시험조사자료를 기초로 하고 있다. 자원평가사 사용되는 자료는 조업어선의 것보다 시험조사에 더 높은 신뢰성을 두고 있지만, 어선의 CPUE를 대체할 만한 이상적인 시험조사자료를 확보하는 것이 쉽지 않기 때문에 결국 조업어선의 CPUE에 의존할 수밖에 없다. 조업어선의 CPUE는 개체군의 자원밀도와는 또 다른 수많은 요인(예를 들면, 계절, 어장, 날씨, 어선장비, 선원들의 숙련도 등)들이 의해 변할 수 있으며(Maunder, 2001), 대체로 자원평가자들은 이러한 요인들을 제거하기 위해서 CPUE를 표준화하고 있다며(Hilborn and Walters, 1992; Quinn and Deriso, 1999). CPUE 표준화는 개체군동태모델과 같은 자원평가와는 독립적으로 이루어질 수 있는데 가장 널리 사용되고 있는 방법이 일반화 선형모델(generalized linear model, GLM)을 이용하는 것이다.

*Corresponding author: dwlee3@nfrdi.go.kr

본 연구는 동중국에서 쌍끌이대형기선저인망어선에 어획되고 있는 참조기자원에 대한 CPUE를 GLM의 통계기법을 이용하여 표준화하고, CPUE로서 참조기자원의 변동을 객관적으로 분석할 수 있는 근거를 제시하였다.

재료 및 방법

분석자료

쌍끌이대형기선저인망은 주로 남해안의 마산과 부산, 서해안의 인천어시장에서 위판하고 있으며, 한국에서 가장 높은 위판실적을 지니고 있는 곳은 부산공동어시장으로서 전체 어획량의 약 50%가 부산에서 위판되고 있다. 본 연구에 사용된 참조기의 어획량, 노력량, 어선특성자료는 국립수산과학원이 독립적으로 부산, 마산, 인천 등의 대형 수산물 위판장에서 조사한 1990-2007년의 쌍끌이대형기선저인망 자료이다.

분석방법

쌍끌이대형기선저인망에서 어획된 참조기의 CPUE를 표준화하기 위해 일반화선행모델(generalized linear model, GLM)을 사용하였으며, 이 때 사용된 자료는 1990년부터 2007년까지의 연도별, 월별, 어선특성(gross tonnage, GT와 horse power, Hp)별 단위노력당 어획량(catch per unit effort, CPUE)으로서 각 어선의 조업일당 어획량이다. 이 때 자료 중에서 입력오류 등으로 인한 실제의 어선특성세력과 맞지 않거나 CPUE 값이 0 혹은 비이상적으로 높은 값을 가진 데이터는 분석에서 제외시켰다. 분석에 사용된 총 데이터 수는 3,984개이다.

GLM 분석에서 요인의 설정은 연도, 월, 어선의 GT와 Hp로서, 월은 1월부터 12월의 12계급, GT는 10단위로 30-140의 12계급(classGT'03, classGT'04, classGT'05, classGT'06, classGT'07, classGT'08, classGT'09, classGT'10, classGT'11, classGT'12, classGT'13, classGT'14), Hp는 100단위로 100-2,000의 18계급(classHp'01, classHp'02, classHp'03, classHp'04, classHp'05, classHp'06, classHp'07, classHp'08, classHp'09, classHp'10, classHp'11, classHp'12, classHp'13, classHp'14, classHp'15, classHp'16, classHp'17, classHp'20)으로 구분하였고, GLM에서의 family parameter는 CPUE의 분포가 한쪽으로의 치우침(skewness)이 심하므로(Fig. 1) Gudmundsdottir and Nicolaisen (2003)과 Mario et al. (2003)에 따라 분포족(family)

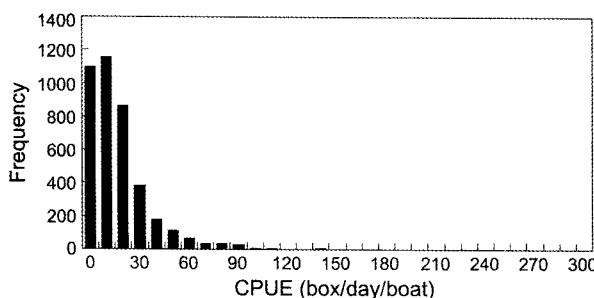


Fig. 1. Frequency distribution of catch per unit effort of yellow croaker by Korean large pair trawl from 1990 to 2007.

으로서 Gamma 분포를 선택하였고, 이에 따라 연결함수는 log-link로 하였다. GLM 분석모델은 다음과 같다.

$$\ln(CPUE_{ijkl}) = \text{Intercept} + \text{Year}_i + \text{Month}_j + \text{GT}_k + \text{HP}_l + \varepsilon_{ijkl}$$

여기서, CPUE는 어선당조업일당어획량(box/day/boat), ε 는 오차항으로 정규분포를 따르는 것으로 가정하였다. GLM 분석에 사용된 통계소프트웨어는 R (Ihaka and Gentleman 1996, R Development Core Team 2004, but see <http://www.R-project.org>)이다.

결 과

쌍끌이대형기선저인망의 어선세력 및 참조기 어획동향

쌍끌이대형기선저인망의 어선수변화를 보면 (Fig. 2), 한국의 경제가 급속히 성장할 때인 1970년대 중반부터 쌍끌이대형기선저인망의 척수가 증가하기 시작했다. 이 때 이 어업의 주 어장은 제주도 남서부 해역에서 동중국해로 확장해 가던 시기였고, 어획대상어종은 주로 갈치, 꽃게, 참조기 등 한국과 중국의 근해를 산란, 성육, 월동을 위해 회유하는 어종들이었다 (Yeon and Park, 1991). 그 후 동국중해어장에서는 한국의 쌍끌이대형기선저인망을 비롯한 근해안강망 등의 저층어류를 어획목표로 하는 어선들이 급증하여 쌍끌이대형기선저인망의 경우 평균 400여 척의 수준을 약 20년간을 유지해 왔다. 그러나 '90년대 후반에 들어서면서 중국의 경제발전에 따른 중국어선의 동중국해어장으로의 진출이 확대되고, 어장은 결국 경쟁조업에 의한 남획상태에 빠져들게 됨에 따라 우리 어선에 대해서 정부에서는 감척정책을 도입하게 되었다. 그리고 2000년대 들어서면서 중국과의 어업협정체결로 동국해어장에의 진출은 더더욱 어렵게 되어 이에 따른 감척을 또다시 하게 됨으로서 최근 쌍끌이대형기선저인망의 어선은 80여 척으로 대폭 줄어 든 상태이다.

쌍끌이대형기선저인망의 척당 어선세력을 보면 (Fig. 3), 어선당 톤수의 경우 법적으로 제한하고 있기 때문에 최근 2000년대 초반에 약간 증가한 것 외에는 평균 100 GT을 약간 웃도는 수준을 유지해 왔다. 그러나 척당 마력은 법적 제한이 없어 사실상 무제한적으로 늘려 왔다. 이러한 현상은 어업기술적인 발달에 따른 기술적 장착이 늘고 또한 조업경

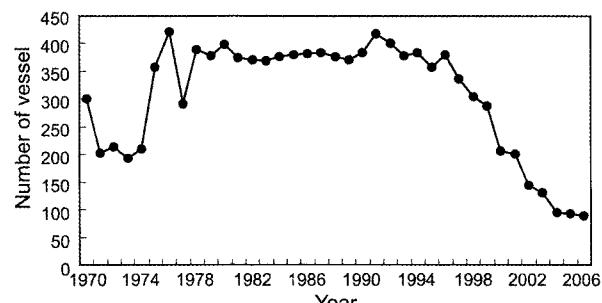


Fig. 2. Numbers of large pair trawl vessels in Korea from 1970 to 2006.

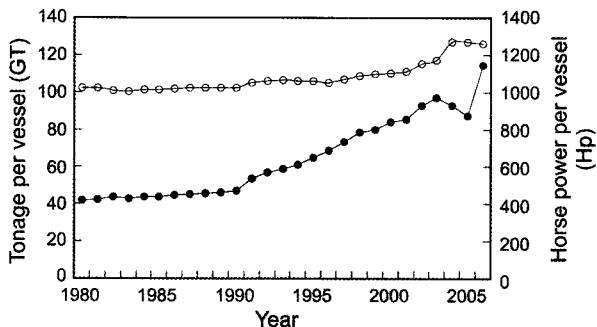


Fig. 3. Average gross tonnage and engine power of large pair trawl in Korea from 1980 to 2006.

쟁에서 우위를 점하려는 과당경쟁의 결과라고 할 수 있다. 척당 마력의 경우 1980년대 평균 400-500 Hp에서 최근 2000년대에는 1200 Hp으로 약 3배 가까이 증가하였다.

1990년 이후의 참조기 어획동향을 보면 (Fig. 4), 총어획량은 1992년 약 4만 톤 수준에서 감소추세를 보이면서 2003년에 약 7천 톤의 어획으로 1990년 이후 최저치를 기록하였다. 그러나 그 후 2004년부터 급격한 증가추세를 보여 2007년에는 약 3만5천 톤에 이르렀다. 한편, 이중 쌍끌이대형기선저인망의 참조기 어획량은 전체어획량과 같이 역시 1992년 약 2만 톤 수준에서 감소추세를 보이면서 2003년에 약 1천여 톤의 가장 낮은 어획을 보였다가 2004년부터 최근까지 증가추세를 보이고 있다. 쌍끌이대형기선저인망의 어획량 변동 경향은 전체 어획량의 변동과 같이 움직이지만 쌍끌이대형기선저인망의 어획비중은 점차 줄어들고 있음을 알 수 있다. 1990년 이후 최고의 어획을 보였던 1992년의 쌍끌이대형기선저인망의 어획비중은 전체의 약 50% 수준이었으나 그 후 그 비율이 점점 줄어들었고, 2000년대에 최고 어획을 보인 2007년에는 쌍끌이대형기선저인망의 참조기 어획비율은 전체의 약 14% 정도에 그치고 있다.

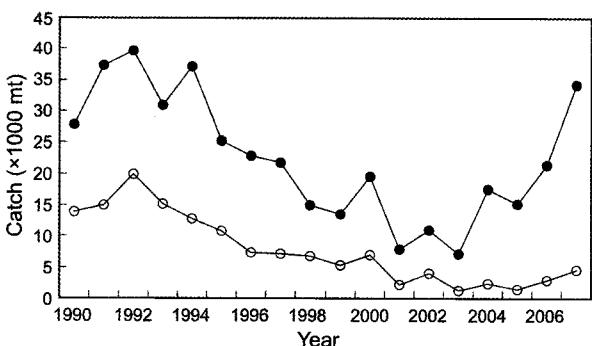


Fig. 4. Annual catches of yellow croaker from the East China Sea landed by all of the Korean fishery vessels (solid circles), and by the large pair trawl (open circles).

쌍끌이대형기선저인망의 참조기 CPUE의 표준화

쌍끌이대형기선저인망에서 어획된 참조기 CPUE의 마력별, 톤급별 분포를 보면 (Fig. 5), 마력별 분포에서 마력이 클수록 CPUE의 분포역이 넓어졌지만 class 14 (1400 Hp 이상

1500 Hp 미만) 이상에서는 그 범위가 줄어들었다. 평균 CPUE는 class 03 (300 Hp 이상 400 Hp 미만)부터 그 이상에서는 거의 일정한 것으로 나타났다. 톤급별 CPUE의 분포에서는 톤급이 증가함에 따라 분산은 증가하지만 평균 CPUE는 class 06 (60 GT 이상 70 GT 미만) 이상에서는 거의 일정한 것으로 나타났다.

쌍끌이대형기선저인망 참조기의 CPUE에 대하여 GLM을 한 결과에서의 분산분석표는 Table 1과 같다. Table 1에서 설정요인 중에 month가 전체변화의 15.5%를 설명하는 것으로 가장 높았고, 그 다음으로 year (13.1%), classHP (5.4%), 그리고 classGT (1.6%)로서 이들이 전체 deviance의 35.6%를 설명하는 것으로 나타났다.

TypeIII test에서 이들 선택요인들 간의 상호작용은 통계적으로 유의하지 않았다 (Table 2).

통계소프트웨어 R에서의 분석진단 plot를 보면 (Fig. 6), Deviance residual plot에서 선택한 연결함수나 분포족은 만족스럽지만 다소 분포에서 벗어나는 값들이 존재하고, Normal Q-Q plot에서도 좌우로 다소 벗어났다.

쌍끌이대형기선저인망의 참조기 CPUE자료에 대한 GLM 분석결과는 Table 3과 같다. 연도효과의 추정치로부터 1990년대의 CPUE에 비해 2000년대의 평균 CPUE는 1.7배 높은 것으로 나타났고, 월효과에서 1-3월의 겨울철 CPUE가 4-6월의 봄에 비해 1.8배 높은 것으로 나타났다. 한편, 어선의 마력 간의 비교에서 500마력 이상-1000 Hp 미만의 어선의 CPUE가 500 Hp 미만의 어선에 비해 2.1배 높았지만, 1000 Hp 이상에서는 좀 낮은 1.9배로 나타났다. 어선통급에서는 100 GT 미만 어선의 CPUE에 비해 100 GT 이상 어선의 CPUE가 1.5배 높은 것으로 나타났다.

GLM분석에 의한 표준화된 쌍끌이대형기선저인망에서의 참조기 CPUE의 연도별 변화추이를 나타내면 Fig. 7과 같다. 표준화된 CPUE는 표준화하지 않은 CPUE에 비해 전반적으로 낮은 값을 나타내었으며, 특히 그 차이는 1990년대에 비해 2000대에서 높았다. 표준화된 CPUE에 있어서 1990년대의 평균 CPUE는 11.2 box/day/boat, 2000년대의 평균 CPUE는 17.4 box/day/boat로서 2000년대 들어 CPUE가 1990년대에 비해 1.7배 증가한 것으로 나타났다. 여기서 box의 단위는 위판시장에서의 상자단위로서 한 box는 평균 20 kg에 해당한다. 이러한 결과로 볼 때 참조기의 자원밀도는 최근 들어 유의하게 증가였다고 볼 수 있다.

고찰

쌍끌이대형기선저인망어업은 1990년대에 들어서면서 한중어업협정 등 주변 여건의 변화에 따라 그 어선수가 대폭 줄어들면서 과거 주어획 대상어종이었던 참조기도 멍달아 줄어들었다. 그러나 어선수가 계속적으로 줄어듬에도 불구하고 2000년대 들어서면서 참조기의 어획량이 점차 증가하기 시작하여 쌍끌이대형기선저인망의 참조기 어획량도 2004년

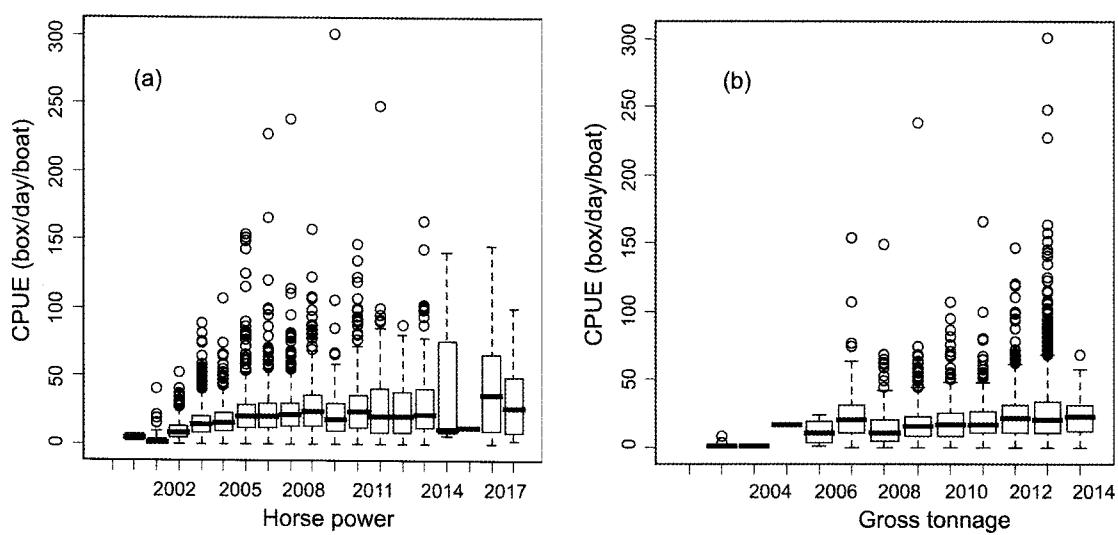


Fig. 5. Distribution of yellow croaker CPUE by horse power (a) and gross tonnage (b) of large pair trawl vessel in Korea from 1990 to 2007. The thick horizontal bars denote the mean, the boxes denote the 95% percentile, thin horizontal bars denote 99% percentile, and the empty circles denote extreme observation.

Table 1. Analysis of deviance table for GLM fitted to yellow croaker CPUE of large pair trawl in the East China sea, years 1990-2007

Source of variation	Deviance	d.f.	Percentage explained	Residual deviance	Residual d.f.	P ($> Chi $)
NULL				4,001.1	3,983	
Year	524.7	17	13.1	3,476.5	3,966	1.032e-206
Month	621.1	11	15.5	2,855.3	3,955	6.270e-253
ClassHp	216.6	17	5.4	2,638.8	3,938	4.013e-79
ClassGT	63.9	11	1.6	2,574.9	3,927	2.186e-21
Total explained			35.6			

Table 2. Type III significance test table of explanatory variables for yellow croaker CPUE of large pair trawl in the East China sea, years 1990-2007

Source of variation	d.f.	Sum of Square	Mean Square	F value	Pr ($>F$)
(Intercept)	1	24		0.0796	0.7779
year	17	182,352	10,727	35.9691	<2.2e-16***
month	11	180,528	16,412	55.0326	<2.2e-16***
classHp	17	46,086	2,711	9.0905	<2.2e-16***
classGT	11	16,267	1,479	4.9589	1.070e-07***
Residuals	3,927	1,171,095			

Signif. codes: 0, ‘***’; 0.001, ‘**’; 0.01, ‘*’; 0.05, ‘.’; 0.1, ‘ ’; 1.

부터 최근까지 증가추세를 보이고 있다. 이러한 참조기 어획량의 증가는 첫째로 중국어선이 우리연안으로부터 물러남으로서 상대적으로 우리어선의 어획이 확대된 것으로 볼 수 있고, 또 하나는 참조기의 자원밀도가 들어난 것 때문으로 생각할 수 있다. 본 연구에서 참조기를 어획대상으로 하는 쌍끌이대형기선저인망의 CPUE표준화를 통해서 1990년부터 2007년까지의 CPUE를 표준화해 본 결과에서 참조기의 자원밀도는 1990년대에 비해 2000년대의 자원밀도지수가 평균 약 2배 정도 증가한 것으로 분석되었다. 그러므로 최근의 참조기 어획량의 증가는 자원량의 증가에 따른 것이라고 볼 수 있다.

일반화선형모델, GLM (Dobson, 1990)은 아주 일반적이고

강력한 통계적 기술로서, 특수한 경우에 해당하는 Gaussian 선형모델 (ANOVA, 회귀분석), 로그-선형모델, 로지스틱회귀모델 등을 망라하고 있다. 일반적으로 GLM을 적용하기 위해서는 먼저 반응변수를 설정해야 하고, 그 반응변수에 대한 분포족 (정규, 지수, 포아송, 이항, 감마분포 등)을 선택하고, 다음으로 그 분포에 적절한 연결함수 (link function), 마지막으로 일련의 설명변수를 정해야 한다. 분포족 (family)의 선택은 자료의 성격에 따라 달라진다. 예를 들어 어획량을 미수로 산정하여 이를 반응변수로 설정할 경우, 불연속자료이므로 포아송이나 음의 이항분포를 선택할 수 있다. 일반적으로 승법모델 (multiplicative model)에서는 주로 정규분포를 택하는 경우가 많다. 본 연구에서는 사용된 CPUE의 분포를 보면 평균

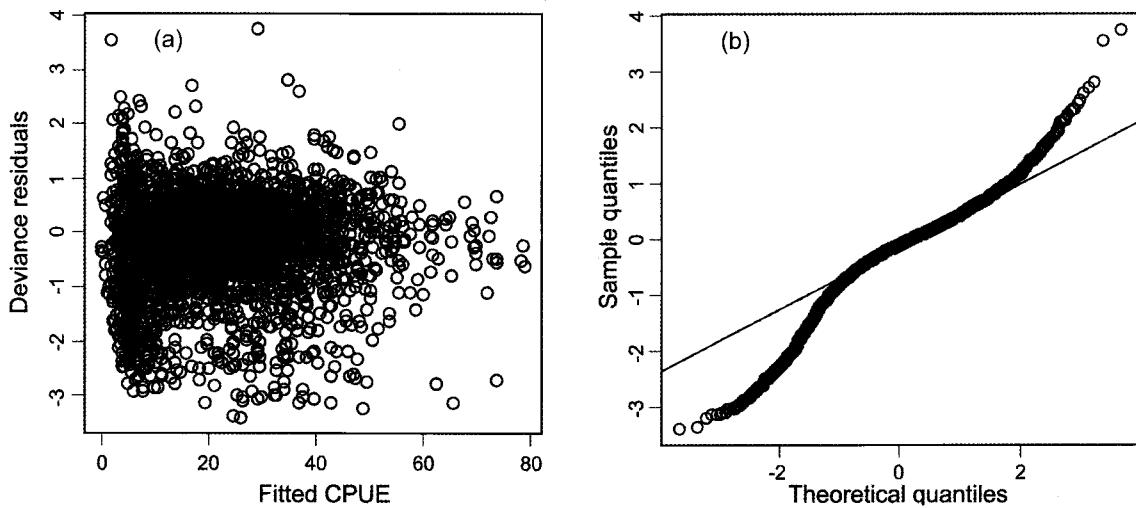


Fig. 6. Diagnostics of residuals from the generalized linear model for predicting catch per unit effort (CPUE) by year, month, horse power and tonnage of large pair trawl in Korea from 1990 to 2007. (a) Plot of deviance residuals by predicted CPUE, (b) Normal Q-Q plot.

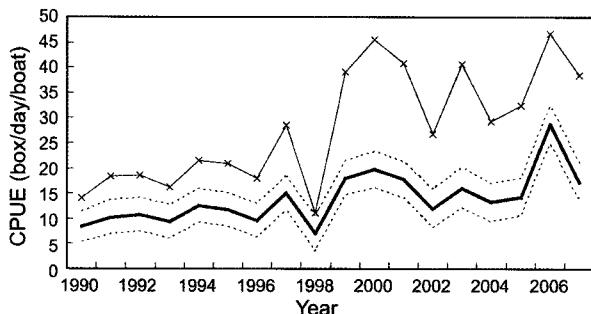


Fig. 7. Standardized CPUE (thick line) and nominal CPUE (thin line) of yellow croaker by Korean large pair trawl vessels in the East China sea. Dotted lines represent 95% confidence intervals for the least square means of CPUE.

에 비해 분산이 아주 큰 구조를 지니고 있고, CPUE가 한쪽으로 치우치는 skewness가 심하므로 분포족으로서는 정규분포보다는 감마분포가 적절한 것으로 생각된다. 이러한 분포족의 선택에 따라 추정결과에 다소 영향을 미치기도 하므로 분포족을 택하기 위한 여러 가지 분석을 필요로 한다.

GLM은 어획량과 노력량자료를 표준화하는 가장 일반적인 방법이다. 이러한 통계적 방법을 가장 먼저 시도한 연구자는 Gavaris (1980)이다. 그는 로그정규오차로 Robson (1966)의 의도한 목적대로 승법 (multiplicative) 모델을 확장시켰다. CPUE 표준화는 자원의 밀도분포의 지표로서의 CPUE에 영향을 주는 요인 (연도, 계절, 어장, 어선장비, 어선원 숙련도, 수온 등)을 독립변수로 하고, CPUE 또는 어획량을 종속변수로 하는 일반화선형모델이 일반화되어 있다. 대부분의 어획노력량 표준화에 대한 평가는 정규 과학연구잡지 보다는 국제기구 등의 단체에서 발표된 것들이다. 따라서 각 기구의 특성에 따라 다양한 분석도구를 사용하고 있어 이들에 대한 검토연구가 필요하고 보다 정립된 연구도 필요하다고 할 수 있다. 2000

년대 들어서는 종합적으로 정리한 연구결과도 더러 보고되고 있다 (Maunder and Punt, 2004; Shono, 2008).

CPUE 또는 어획량표준화에 있어서 ‘제로어획’ 자료 때문에 계산상의 곤란을 겪는 경우가 많다. 예를 들면 GLM에서의 연결함수가 보통 log선형이므로 자연대수에서의 제로값을 정의 할 수 없기 때문이다. 제로 관찰치가 생기는 이유로서는 어구에 잘 어획되지 않는 어종이 어군의 형성에 따라 어획이 될 때는 과도할 정도로 대량으로 어획되다가도 어획이 안될 때는 한 마리도 어획되지 않는 경우, 어획은 전혀 없는데 노력량을 투여한 경우, 어구의 고장, 그리고 다양한 어종을 어획대상으로 할 경우에 주어획대상종 몇몇만 기록하고 나머지는 기타로 처리하여 연구대상어종이 어획리스트에서 누락된 경우 등이 있다. 따라서 이러한 경우들을 고려하면서 제로어획을 취급하여야 한다. 예를 들어 어구의 고장으로 인한 제로어획이 발생했을 때는 연구대상어종뿐만 아니라 그날의 모든 다른 어종들도 제로일 것이므로 분석에서 그 자료는 제외되어야 한다. 제로어획에 대한 가장 간단한 처리방법은 단순히 분석에서 제외시키는 것이다 (Maunder and Punt, 2004). 그렇다고 제로어획자료를 모두 무시한다면 분석자료에서 편의를 발생시킬 수 있다. 이러한 제로자료를 무시하지 않는 대안으로서 가장 간단한 방법은 아주 적은 일정한 값을 모든 자료에 첨가하는 방법이다. Butterworth (1996)는 이러한 일정한 값을 선택하는 방법을 제안하였고, Cook and Lankester (1996)도 일정한 값을 더하여 로그변환하는 종속변수와 로그정규오차를 이용할 경우에는 관찰치 및 예측치에도 적용할 것을 제안하였다. 본 연구에서 경우 관찰된 제로어획은 분석자료에 편의를 줄만큼 많지 않아 분석에서 제외하였지만 대량의 자료에서 무시할 수 없을 정도로 많은 제로어획자료가 있다면 반드시 일정값을 첨가하여 분석하는 것이 좋은 결과를 가져다 줄 것으로 생각한다.

Table 3. Parameter estimates and their standard errors by the generalized linear model applied for explaining yellow croaker catch per unit per effort by Korean large pair trawl from 1990 to 2007 in the East China Sea

Coefficient	Estimate	Std. Error	t value	Pr (> t)
(Intercept)	-0.573950	0.563032	-1.019	0.308080
year'1991	0.206195	0.055162	3.738	0.000188***
year'1992	0.260995	0.053548	4.874	1.14e-06***
year'1993	0.121770	0.052845	2.304	0.021259*
year'1994	0.405070	0.054233	7.469	9.89e-14***
year'1995	0.343091	0.052392	6.549	6.56e-11***
year'1996	0.144713	0.053777	2.691	0.007155**
year'1997	0.586404	0.059366	9.878	<2e-16***
year'1998	-0.174068	0.060317	-2.886	0.003924**
year'1999	0.774597	0.068340	11.334	<2e-16***
year'2000	0.860221	0.084783	10.146	<2e-16***
year'2001	0.754198	0.101217	7.451	1.13e-13***
year'2002	0.365533	0.111296	3.284	0.001031**
year'2003	0.658176	0.146482	4.493	7.22e-06***
year'2004	0.461437	0.110190	4.188	2.88e-05***
year'2005	0.544373	0.107834	5.048	4.66e-07***
year'2006	1.242029	0.106874	11.621	<2e-16***
year'2007	0.729485	0.105639	6.905	5.81e-12***
month'02	0.006046	0.053322	0.113	0.909730
month'03	0.008324	0.053189	0.156	0.875652
month'04	-0.220488	0.054578	-4.040	5.45e-05***
month'05	-0.373219	0.055318	-6.747	1.73e-11***
month'06	-1.492927	0.057835	-25.814	<2e-16***
month'07	-1.550453	0.063722	-24.331	<2e-16***
month'08	-0.374996	0.055768	-6.724	2.02e-11***
month'09	-0.277239	0.053918	-5.142	2.85e-07***
month'10	-0.059231	0.053187	-1.114	0.265502
month'11	-0.111559	0.053703	-2.077	0.037836*
month'12	-0.113079	0.053010	-2.133	0.032972*
classHp'02	0.512559	0.524626	0.977	0.328630
classHp'03	0.984156	0.509638	1.931	0.053544
classHp'04	1.290550	0.509031	2.535	0.011273*
classHp'05	1.462053	0.509595	2.869	0.004139**
classHp'06	1.640798	0.509263	3.222	0.001284**
classHp'07	1.673754	0.509127	3.287	0.001020**
classHp'08	1.732299	0.509552	3.400	0.000681***
classHp'09	1.771741	0.511071	3.467	0.000532***
classHp'10	1.577564	0.512909	3.076	0.002114**
classHp'11	1.672052	0.510788	3.273	0.001072**
classHp'12	1.546928	0.513212	3.014	0.002593**
classHp'13	1.428939	0.514980	2.775	0.005551**
classHp'14	1.605352	0.513270	3.128	0.001775**
classHp'15	2.193005	0.664120	3.302	0.000968***
classHp'16	1.139863	0.880530	1.295	0.195562
classHp'17	1.588454	0.526036	3.020	0.002547**
classHp'20	1.209386	0.572713	2.112	0.034777*
classGT'04	-1.008824	0.476000	-2.119	0.034121*
classGT'05	1.753920	0.755258	2.322	0.020269*
classGT'06	1.673483	0.307152	5.448	5.39e-08***
classGT'07	2.184584	0.240087	9.099	<2e-16***
classGT'08	1.894155	0.235781	8.034	1.24e-15***
classGT'09	1.901501	0.235468	8.075	8.86e-16***
classGT'10	1.808600	0.236521	7.647	2.58e-14***
classGT'11	1.982355	0.236574	8.379	<2e-16***
classGT'12	2.058854	0.237207	8.680	<2e-16***
classGT'13	2.018257	0.236098	8.548	<2e-16***
classGT'14	2.007951	0.242903	8.266	<2e-16***

Signif. codes: 0, ***; 0.001, **; 0.01, *; 0.05, .; 0.1, ' 1.

일반적으로 CPUE를 표준화하는데 있어서 사용하는 소프트웨어로 가장 많이 사용되어온 것이 SAS 혹은 S-plus 통계패키지이다 (Garcia-Rodriguez, 2003; Mario et al, 2003; Maundera and Punt, 2004). 이러한 통계패키지의 경우, 다양한 처리모듈과 대용량의 자료를 신속히 처리할 수 있는 장점이 있지만, 사용자의 숙련도를 요구하거나 가격이 비싸다는 단점이 있다. 그러나 R 통계패키지는 어느 누구나 자유로이 무료로 인터넷을 통해서 다운로드할 수 있고, 개개인의 필요에 따라 필요한 분석 tool 즉, 다양한 패키지 중에서 필요부분만을 선택하여 사용할 수 있어 기존 유료패키지의 것에 비해 더욱 더 유연하게 접근할 수 있다. 그리고 이러한 R 통계패키지에 딸린 또 다른 패키지들은 전세계의 유수한 통계학자들이나 각각의 전문가들이 개별적으로 개발한 패키지로서 수시로 개발되고 보완되고 있어 그 발전성은 인터넷의 발전속도와 거의 같이 움직이고 있다. 어업연구에 있어서 R 통계패키지의 활용은 수산자원평가분야 뿐만 아니라 생태학적 분석, 지리적 분석 등 아주 광범위하게 이용될 것으로 전망된다.

사 사

본 연구는 국립수산과학원 “연근해 주요어업자원평가관리” 및 “수산자원회복을 위한 어업별 어획성능정향화연구”에 의하여 수행되었으며 (RP-2008-FR-020), 익명의 심사위원들의 고견에 대해 감사드립니다.

참 고 문 헌

- Butterworth, D.S. 1996. A possible alternative approach for generalized linear model analysis of tuna CPUE data. ICCAT Col. Vol. Sci. Pap., 45, 123-124.
- Cooke, J.G. and K. Lankester. 1996. Consideration of statistical models for catch-effort indices for use in tuning VPAs. ICCAT Col. Vol. Sci. Pap. 45, 125-131.
- Dobson, A.J. 1990. An introduction to generalized linear models. Chapman and Hall. London, 1-174.
- Garcia-Rodriguez, M. 2003. Characterization and standardization of a red shrimp, *Aristeus antennatus* (Risso, 1816), fishery off the Alicante gulf (SE Spain). Sci. Mar., 67(1), 63-74.
- Gavaris, S. 1980. Use of a multiplicative model to estimate catch rate and effort from commercial data. Can. J. Fish. Aquat. Sci., 37, 2272-2275.
- Gudmundsdottir, A. and A. Nicolajsen. 2003. Standardized CPUE indices for Shrimp (*Pandalus borealis*) in Division 3M (Flemish Cap) 1993-2003, Serial No. N4932 NAFO SCR Doc. 03/90.
- Hwang, B.N. and B.Q. Hong. 1985. On the Seasonal Distribution, Movement and Abundance of Hairtail, *Trichiurus lepturus* Linne, in the East China Sea and Yellow Sea, Bull. Nat'l. Fish. Res. Dev. Inst. Korea,

- No. 36, 13-22.
- Hilborn, R. and C.J. Walters. 1992. Quantitative fisheries stock assessment: choice, dynamics and uncertainty. Chapman and Hall, New York.
- Ihaka, R. and R. Gentleman. 1996. R: a language for data analysis and graphics. *J. Comput. Graphic. Stat.*, 5, 299-314.
- Kang, J.S. 2003. The United Nation convention on the law of the sea and fishery relations between Korea, Japan and China. *Marine Policy*, 27, 111-124.
- Mario, S., P. Sartor and P. Belcari. 2003. Analysis of the factors affecting crustacean trawl fishery catch rates in the northern Tyrrhenian Sea (western Mediterranean). *Fisheries Reserach*, 65, 271-284
- Maunder, M.N. 2001. A general framework for integrating the standardization of catch per unit of effort into stock assessment models. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 58, 795-803.
- Maunder, M.N. and A.E. Punt. 2004. Standardizing catch and effort data: a review of recent approaches, *Fisheries Research*, 70, 141-159.
- Park, B.S. and M.K. Lee. 2005. The analysis of fishery buy-back programs of offshore fisheries concerning fishery production. *Jour. Fish. Mar. Sci. Edu.*, 17(1), 115-131.
- Park, J.Y. and J.H. Choi. 2000. Evaluation and future tasks of the Korea-China fisheries agreement. *The Journal of Fisheries Business Administration, Korea*, 31(2), 67-91.
- Quinn II, T.J. and R.B. Deriso. 1999. Quantitative Fish Dynamics. Oxford University Press, New York.
- R Development Core Team. 2004. R: A language and environment for statistical computing. Retrieved from <http://www.R-project.org> on June 17.
- Robson, D.S. 1966. Estimation of the relative fishing power of individual ships. *Research Bulletin, International Commission for the Northwest Atlantic Fisheries*, 3, 5-14.
- Shono, H. 2008. Application of statistical modeling and data mining method to the fish stock analyses. *Bull. Fish. Res. Agen.*, No. 22, 1-85.
- Yang, S.K. and K.D. Cho. 1982. The relationship between oceanographic condition and fishing ground distribution of Yellow croaker in the East China Sea and the Yellow sea. *Bull. Korean Fish. Soc.*, 15, 26-34.
- Yeon, I.J. and C.S. Park. 1991. Changes in distributional area on the stock fluctuation of yellow croaker, *Pseudosciaena polyactis* Bleeker, *Bull. Nat'l. Fish. Res. Dev. Inst. Korea*, No. 45, 85-100

2008년 7월 23일 접수

2008년 10월 10일 수리