

한국 연근해 도루묵, *Arctoscopus japonicus*의 자원량 추정

이성일·양재형*·윤상철·전영열·김종빈·차형기¹·최영민¹
국립수산과학원 동해수산연구소 자원환경과, ¹국립수산과학원 자원연구과

Biomass estimation of sailfin sandfish, *Arctoscopus japonicus*, in Korean waters

Sung Il Lee, Jae Hyeong Yang*, Sang Chul Yoon,
Young Yull Chun, Jong Bin Kim, Hyung Kee Cha¹
and Young Min Choi¹

Fisheries Resources and Environment Division,
East Sea Fisheries Research Institute, NFRDI, Gangneung 210-861, Korea
¹Fisheries Resources Research Division, NFRDI, Busan 619-705, Korea

Available ecological and fishery data of sailfin sandfish, *Arctoscopus japonicus*, was examined to ascertain its population dynamic parameters in Korean waters. The instantaneous coefficient of total mortality (Z) was estimated to be 1.361/yr, and annual survival rate (S) was 0.256. The estimated instantaneous coefficient of natural mortality (M) was 0.482/yr, and the instantaneous coefficient of fishing mortality (F) for recent years was calculated to be 0.879/yr from Z and M values. Age at first capture was estimated to be 1.958 years. These parameters, in conjunction with catch landings data between 1991 and 2008, were used to estimate annual biomass using a biomass-based cohort analysis. The biomass of *A. japonicus* was estimated at approximately 7,600 mt in 1991, but since 1994 decreased to below 4,000 mt by 2001. After 2002 they started to increase gradually, and showed the level of more than 5,000 mt in recent years.

Key words: *Arctoscopus japonicus*, Sailfin sandfish, Ecological characteristics, Biomass

서론

도루묵, *Arctoscopus japonicus*은 농어목 (Order Perciformes) 도루묵과 (Family Trichodonidae)에 속하는 한류성 어종으로 우리나라 동해, 일본, 캄차카, 사할린, 알래스카 등에 분포한다. 수심 100~200 m되는 대륙붕의 모래 또는 펄 지역에 주로 서식하며 (Kim et al., 2005), 우리나라에서는 주로 동해구 기선저인망 및 연안자망어업에 의해 어획되는 상업적으로 중요한 어종 중의 하나이다.

도루묵의 어획량은 1971년 2만 5천톤으로 최고치를 기록하였지만, 1970년대 후반에 접어들면서 어획량은 급격히 감소하여 근래에는 4천톤 미만의 낮은 어획수준을 보이고 있고, 동해구 기선저인망어업에 의한 단위노력당 어획량 (CPUE)은 1990년대 중반 이후 크게 감소하여 낮은 수준을 보이다가 최근에 다소 증가하는 경향을 보이고 있다 (Fig. 1). 따라서 감소된 도루묵 자원을 회복시켜 합리적으로 이용하기 위해서는 적절한 자원관리가 필요하며, 이러한 관리방안을 모색하기 위해서는 자원평가를 위한 자원생태학적 특성치 및 자원량 추정 연구가 수행되어야 할 것이다.

도루묵과 관련한 개체군 역학 연구로, 일본에서는 아키타현 연안 도루묵 어획량과 수온과의 관계 (Sakuramoto et al.,

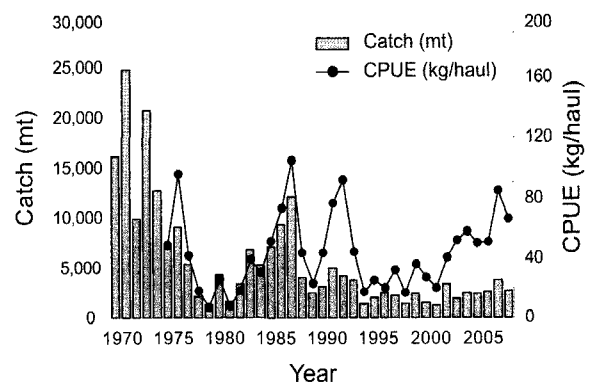


Fig. 1. Changes in annual catch and CPUE of *A. japonicus* in Korean waters from 1970 to 2008. CPUE means catch per unit effort of the eastern sea danish seine.

1997), 3년간 도루묵에 대한 조업금지의 효과 평가 및 어획량 예측 모델 개발 (Sakuramoto et al., 2001), 밀도지수를 이용한 혼수 연안 도루묵의 두 계군간 분포범위 추정 (Watanabe et al., 2004), 그리고 일본 북부해역 도루묵의 자원크기 추정 및 모니터링 (Watanabe et al., 2005) 등 많은 연구가 수행되었으나, 우리나라에서는 초기발달단계 (Myung et al., 1989; Baik et al., 1989) 및 생태에 관한 연구 (Choi et al., 1983; Lee and Kang, 2006; Lee et al., 2006; Lee et al., 2007; Yang et al.,

*Corresponding author: yjh159@nfrdi.go.kr

2008)만이 수행되었을 뿐 개체군 역학 관련 연구는 미비한 실정이다.

따라서 본 논문에서는 한국 연근해산 도루묵에 대한 자원평가를 위한 기초 자료를 확보하고자 자원생태학적 특성치인 생산율, 순간자연 및 어획사망계수, 그리고 어획개시연령 등을 추정하였으며, 또한 생체량을 기초로 한 코호트 분석법에 의해 도루묵의 연도별 연령별 자원량을 추정하였다.

재료 및 방법

순간전사망계수 (Z) 및 생산율 (S)

순간전사망계수 (Z)는 최근 3년 (2006~2008년)간 동해구 기선저인망어업에서 어획된 도루묵의 체장조성 (FL, 가랑이 체장) 자료 (Table 1)와 Yang et al. (2008)에 의한 von Bertalanffy 성장 매개변수 (Table 2)를 사용하여 어획물곡선법 (Pauly, 1984)에 의해 추정하였다. 먼저 체장조성 자료를 von Bertalanffy 성장 매개변수에 의해 연령조성 자료로 변환하고, 완전가입연령 이상에 해당하는 연령조성 자료를 다음 식에 대입하여 직선회귀시켜 순간전사망계수 (Z)를 추정하였다.

$$\ln\left(\frac{C}{\Delta t}\right) = c - Z\left(t + \frac{\Delta t}{2}\right)$$

여기서, t는 연령, C는 실제 어획개체수, Δt는 각 체장계급에 해당하는 연령간의 차 (=t(L_{i+1}) - t(L_i)), 그리고 c는 상수이다. 순간전사망계수의 추정에서는 개체군이 평형상태에 있다는 가정을 전제로 하므로, 인위적인 평형상태를 만들기 위해 최근 3개년의 체장조성 자료를 산술평균하여 사용하였다 (Table 1). 그리고 생산율 (S)은 순간전사망계수 (Z)로부터 변환하여 다음 식에 의해 구하였다.

$$S = e^{-Z}$$

순간자연사망계수 (M) 및 순간어획사망계수 (F)

어류의 사망은 일반적으로 자연사망과 어획에 의한 사망으로 대별되는데, 여기서 자연사망이란 어획을 제외한 다른 요인들에 기인한 사망으로 간주하였다. 도루묵의 순간자연사망계수 (M)를 추정하기 위해 Zhang and Megrey (2006) 방법을 사용하였으며, 그 모델식은 다음과 같다.

$$M = \frac{\beta K}{e^{K(t_{mb} - t_0)} - 1}$$

여기서, t_{mb} = C_i × t_{max} 이고, C_i는 계수 (저어류의 경우에는 0.440, 부어류의 경우에는 0.302), t_{max}는 최대연령, K는 von Bertalanffy 성장계수, t₀는 체장이 0일 때의 이론적 연령, β는 체장-체중 관계식의 상수이다. 본 연구에서 사용된 도루묵의 성장 매개변수 (K, t₀)와 체장-체중 관계식의 상수 (β)는 Yang et al. (2008)의 연구결과 (K=0.256/년, t₀=-0.654세, β=3.01)가 사용되었고, 최대연령은 어체 측정시 조사된 암컷의 최대체장 29 cm (FL)를 연령으로 환산한 8.5세와 Fadeev (2005)가 보고한 최대연령 6세를 고려하여 7세로 간주하였다. 순간어획사망계수 (F)는 순간전사망계수 (Z)에서 순간자연사망계수 (M)를 제함으로써 구하였다.

어획개시연령 (t_i)

어획개시연령 (t_i)은 어획물의 체장조성과 von Bertalanffy 성장 매개변수를 사용하여 구하는 어획물곡선법 (Pauly, 1984)으로, Table 1의 체장조성 자료를 사용하여 동해구 기선저인망어업에 의한 도루묵의 최근 어획개시연령 (t_i)을 추정하였다. 즉, 추정된 순간전사망계수 (Z)를 다음 식에 대입하여 기대 어획개체수 (CT)를 구하고,

$$CT = \Delta t \cdot \exp(c - Zt)$$

실제 어획개체수 (C_i)와 기대 어획개체수 (CT_i)와의 비 (S_i=C_i/CT_i)를 계산하여 다음 식으로부터 직선회귀시켜 상수 (T₁, T₂)를 구한 후, 어획개시연령 (t_i)을 추정하였다.

Table 1. Catch in number at fork length (FL) of *A. japonicus* by the eastern sea danish seine fishery from 2006 to 2008

FL class (cm)	Year			Combined mean
	2006	2007	2008	
9	1	2	0	1
10	5	6	0	4
11	54	33	15	34
12	409	197	121	242
13	890	1,024	542	819
14	805	1,538	1,180	1,174
15	1,169	1,624	1,648	1,480
16	1,083	1,279	1,348	1,237
17	1,056	892	1,291	1,080
18	871	1,131	1,293	1,098
19	408	853	797	686
20	328	531	430	430
21	386	342	246	325
22	231	276	201	236
23	119	132	119	123
24	39	55	64	53
25	9	22	25	19
26	6	3	7	5
27	0	1	2	1
28	1	2	0	1
29	0	0	1	0

Table 2. The von Bertalanffy growth parameters for *A. japonicus* in Korean waters (After Yang et al., 2008)

Parameters	Estimates
L _∞ (cm)	31.1
K (/yr)	0.256
t ₀ (years)	-0.654

$$\ln(1/S_t - 1) = T_1 - T_2 t \left(\frac{L_i + L_{i+1}}{2} \right)$$

$$t_c = T_1/T_2$$

연도별 연령별 자원량 및 순간어획사망계수

자원량은 성장개념을 포함시켜 생체량을 기초로 한 코호트 분석법 (Zhang, 1987; Zhang and Sullivan, 1988)으로 추정하였으며, 그 모델식은 다음과 같다.

마지막 연도의 연령별 자원량 :

$$B_{ij} = C_{ij} \frac{F_{ij} + M - G_j}{F_{ij}(1 - \exp(-(F_{ij} + M - G_j)))}$$

연도별 최고령어의 자원량 : $B_{ij} = \frac{C_{ij}(F_{ij} + M - G_j)}{F_{ij}}$

마지막 연도와 연도별 최고령어를 제외한 자원량 :

$$B_{ij} = B_{i+1,j+1} \exp(M - G_j) + C_{ij} \exp\left(\frac{M - G_j}{2}\right)$$

여기서, C_{ij} 는 i 년 j 연령어의 어획중량, B_{ij} 는 i 년 초 j 연령어의 자원중량, F_{ij} 는 i 년 j 연령어의 순간어획사망계수, M 은 순간자연사망계수, G_j 는 j 연령어의 순간성장율을 나타낸다. 그리고 연도별 연령별 순간어획사망계수는 아래의 식으로 구하였다.

$$F_{ij} = \ln\left(\frac{B_{ij}}{B_{i+1,j+1}}\right) - M + G_j$$

여기서, F_{ij} 는 i 년 j 연령어의 순간어획사망계수이다.

본 모델에서는 대상연도의 연령별 어획중량 (C_{ij})과 연령별 순간성장률 (G_j), 순간자연사망계수 (M), 그리고 마지막 순간어획사망계수 (terminal F) 등이 입력자료로 사용되는데, 연도별 연령별 어획중량 (C_{ij})은 국립수산과학원 동해수산연구소에서 분석한 1991~2008년간 연도별 연령별 어획중량을 사용하였다 (Table 3). 연령별 성장률 (G_j)은 Yang et al. (2008)에 의한 도루묵의 von Bertalanffy 성장식과 체장-체중 관계식을 이용하여 연령별 체중 (W)을 구한 후, 아래의 식으로 계산하였다.

$$G_j = \ln\left(\frac{W_{j+1}}{W_j}\right)$$

순간자연사망계수 (M)는 본 연구에서 추정된 값을 사용하였고, 마지막 순간어획사망계수 (terminal F)는 본 연구에서 추정된 순간어획사망계수 (F) 값을 마지막 해의 전(全)연령 및 전(全)연도의 마지막 연령에 대해 사용하였다. 그러나 마지막 순간어획사망계수가 모두 동일하게 적용되었으므로, 실제의 자원구조를 반영하는 연도별 연령별 자원량과 순간어획사망계수를 추정하기 위해 1차로 추정된 연도별 연령별 순간어획사망계수 (F_{ij})를 다음과 같은 반복계산법으로 보정하였다.

Table 3. Catch in weight (mt) at age of *A. japonicus* in Korean waters from 1991 to 2008

Year	Age					Total
	1	2	3	4	5	
1991	1,021	2,961	911	123	19	5,034
1992	607	2,656	838	97	4	4,202
1993	589	2,041	939	181	31	3,781
1994	287	736	374	59	10	1,466
1995	371	1,264	371	51	8	2,065
1996	409	1,580	422	74	16	2,501
1997	543	1,208	368	54	20	2,194
1998	284	721	375	102	9	1,490
1999	567	1,415	385	69	14	2,449
2000	365	857	275	56	18	1,571
2001	297	713	223	42	11	1,286
2002	668	2,123	507	75	7	3,381
2003	326	1,237	321	30	14	1,928
2004	373	1,509	497	81	12	2,472
2005	464	1,443	435	54	5	2,401
2006	563	1,502	514	63	5	2,647
2007	765	2,197	702	96	10	3,769
2008	523	1,655	458	75	9	2,720

첫째, 순간어획사망계수는 연령별로 어구의 선택비가 다를 것으로 가정하여 마지막 연도의 전(全)연령과 전(全)연도의 마지막 연령을 제외한 연령별 평균 F 로부터 연령별 선택비 ($S(a)$)를 구해서 마지막 연도의 F 값을 각 연령별로 보정하였다. 둘째, 순간어획사망계수는 연도별로 어획강도가 다를 것으로 가정하여 마지막 연도의 전(全)연령과 전(全)연도의 마지막 연령을 제외한 연도별 평균 F 로부터 연도별 어획강도비 ($f(i)$)를 구해서 전(全)연도의 마지막 F 값을 각 연도별로 보정하였다. 이와 같이 보정된 F 값들에 의해 실제의 자원구조를 반영하는 연도별 연령별 자원량과 순간어획사망계수를 추정하였다.

결 과

순간전사망계수 (Z) 및 생존율 (S)

한국 연근해 도루묵의 순간전사망계수 (Z)는 2006년부터 2008년까지의 3개년에 대한 체장조성 평균치 (Table 1)를 사용하여 어획물곡선법 (Pauly, 1984)에 의해 1.361/년으로 추정되었고 (Fig. 2), 이 값을 생존율 (S)로 환산한 결과, 0.256이었다.

순간자연사망계수 (M) 및 순간어획사망계수 (F)

von Bertalanffy 성장 매개변수 (K, t_0), 체장-체중 관계식의 상수 (β), 그리고 최대연령 (t_{max})을 사용하여 Zhang and Megrey (2006) 방법에 의해 추정된 한국 연근해 도루묵의 순간자연사망계수 (M)는 0.482/년이었다 (Table 4), 순간어획사망계수 (F)는 순간전사망계수 (Z)에서 순간자연사망계수 (M)를 제함으로써 0.879/년으로 계산되었다.

어획개시연령 (t_c)

동해구 기선저인망어업에 의한 도루묵 어획물의 체장조성

자료 (Table 1)와 von Bertalanffy 성장 매개변수 (Table 2)를 사용하여 어획물곡선법 (Pauly, 1984)에 의해 추정된 어획개시 연령 (t_c)은 1.958세이었고 (Fig. 2), 이때의 연령을 체장으로 환산하면, 15.2 cm (FL)이었다.

Table 4. Estimated instantaneous coefficient of natural mortality (M) of *A. japonicus* in Korean waters

Method	Estimate of M	Input data
		$K = 0.256/\text{yr}$
		$t_{\text{max}} = 7 \text{ years}$
Zhang and Megrey	0.482/yr	$t_0 = -0.654 \text{ years}$
		$\beta = 3.01$

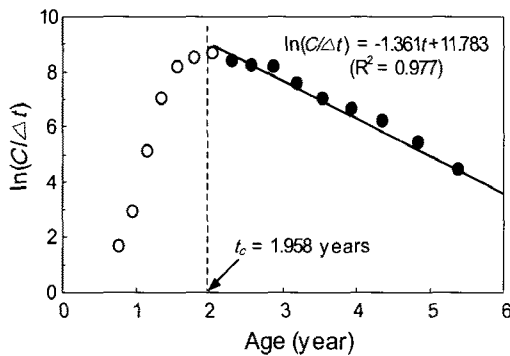


Fig. 2. Estimation of the selection ogive of *A. japonicus* in Korean waters from a length-converted catch curve using the Pauly (1984) method.

자원량 추정

도루묵 자원량을 추정하기 위해서 먼저 연령별 순간성장률을 구하였고, Yang et al. (2008)에 의한 연령별 체장자료와 체장-체중 관계식을 이용하여 연령별 체중으로 전환한 후 순간성장률을 구하였으며, 구한 결과는 Table 5와 같다. 다음으로 1991~2008년간 연도별 연령별 순간어획사망계수 (F)를 구하였는데, Table 6은 1차 추정된 F 값으로부터 마지막 연도의 전(全)연령과 전(全)연도의 마지막 연령에 해당하는 F 값을 제외한 연령별 평균 F 값과 이로부터 추정된 연령별 선택비 ($S(a)$)에 의해 보정된 연령별 $F(a)$ 값을 나타내고, Table 7은 동일한 방법으로 연도에 대해 보정된 연도별 $F(t)$ 값을 나타낸다.

Table 5. Estimated instantaneous growth rate (G) of *A. japonicus* in Korean waters

Age (j)	L_j (cm)	W_j (g)	G_j (yr)
1	10.75	10.68	1.075
2	15.36	31.29	0.629
3	18.92	58.71	0.410
4	21.68	88.49	0.283
5	23.81	117.45	0.202
6	25.46	143.78	-

Table 6. Tuned instantaneous coefficient of fishing mortality ($F(a)$) by age of *A. japonicus* in Korean waters from 1991 to 2008

Age	Mean F_a	$S(a)$	$F(a)$
1	0.317	0.248	0.218
2	1.303	1.019	0.895
3	1.727	1.350	1.186
4	1.770	1.384	1.216
5	1.770	1.000	0.879
Mean	1.279	-	-

Table 7. Tuned instantaneous coefficient of fishing mortality ($F(t)$) by year of *A. japonicus* in Korean waters from 1991 to 2008

Year	Mean F_t	$f(t)$	$F(t)$
1991	1.698	1.327	1.167
1992	1.081	0.845	0.742
1993	1.847	1.444	1.269
1994	1.173	0.917	0.806
1995	1.030	0.805	0.708
1996	1.217	0.952	0.836
1997	1.190	0.930	0.818
1998	1.113	0.870	0.765
1999	1.305	1.020	0.897
2000	1.220	0.953	0.838
2001	0.924	0.723	0.635
2002	1.535	1.200	1.055
2003	0.960	0.750	0.659
2004	1.555	1.215	1.068
2005	1.341	1.048	0.921
2006	1.161	0.908	0.798
2007	1.399	1.093	0.961
2008	-	1.000	0.879
Mean	1.279	-	-

Fig. 3과 Fig. 4는 생체량을 기초로 한 코호트 분석법에 의해 추정된 1991~2008년간 한국 연근해산 도루묵의 연도별 및 연령별 자원량 변동을 나타낸다. 연도별 자원량 변동을 살펴 보면 (Fig. 3), 1991년에 약 7천6백톤으로 가장 높았으나, 이후 크게 감소하여 1994년부터 2001년까지 4천톤 이하의 수준을 나타내다가 2002년부터 점차 증가하여 최근에는 약 5천톤 이상의 수준을 보이고 있다. 단위노력당 어획량 (CPUE)의 연 변화 역시 자원량 변화와 유사한 경향을 보였는데 (Fig. 1), 1992년에 92.2 kg/haul로 높은 수준을 나타내었으나 이후 크게 감소하였다가 2002년 이후 점차 증가하는 추세를 보였고, 2008년에는 66.4 kg/haul로 다소 감소한 것으로 나타났다. 연령별 자원량은 1세와 2세의 자원량이 총자원량의 약 82%로 대부분을 차지하고 있고, 3세 이후부터 자원량이 급격히 감소하였으며, 5세 자원량은 총자원량의 1% 이하로 고령어로서의 생존율이 아주 낮은 것으로 나타났다 (Fig. 4).

고찰

본 연구는 한국 연근해 도루묵의 자원생태학적 특성치 및

자원량을 추정한 것으로, 과도한 어획과 해조장 파괴에 의한 서식장 훼손 등으로 인해 감소된 도루묵 자원을 회복시키기 위한 자원평가 및 관리방안 연구에 중요한 기초 자료로 활용될 수 있을 것이다.

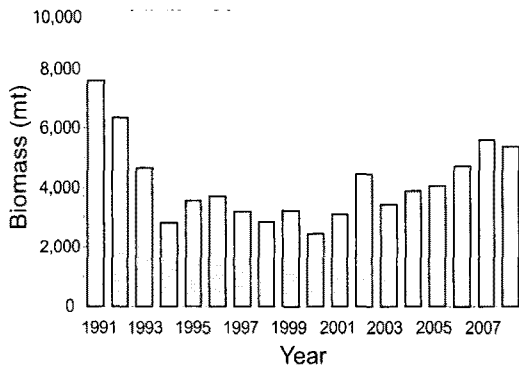


Fig. 3. Annual changes in total biomass of *A. japonicus* in Korean waters from 1991 to 2008.

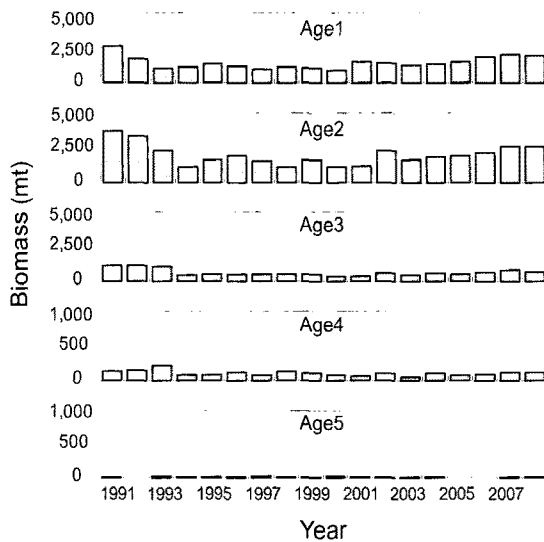


Fig. 4. Annual changes in biomass by age of *A. japonicus* in Korean waters from 1991 to 2008.

순간전사망계수 및 생산율을 추정함에 있어 한 코호트(동일발생연급군)에 대해 일생을 통한 연도별 추적이 불가하였으므로, 다른 연구결과 (Zhang et al., 1998; Zhang et al., 1999)에서 제시한 바와 같이 동해구 기선저인망어업에 의한 최근 3개년 (2006~2008년)의 어획물의 체장조성 자료를 평균하여 인위적으로 평형상태를 만들어 순간전사망계수 및 생산율을 추정하였다. 그리고 순간자연사망계수는 일반적으로 많이 사용되는 성장계수, 최고연령, 그리고 수명을 이용한 Alvenson and Carney (1975) 방법 또는 Alagaraja (1984) 방법 대신에 Alvenson and Carney 방법을 개선한 Zhang and Megrey (2006) 방법을 사용하여 추정하였다. 이 방법은 대상어종에 대한 체장-체중과의 관계를 통해 얻어지는 β 값을 사용하기 때문에, 어종별 특징을 보다 명확히 반영할 수 있다 (Zhang and

Megrey, 2006).

동해구 기선저인망어업에 의한 도루묵의 50% 어구가입연령은 약 2세로 추정되었고, 이때의 체장은 15.2 cm (FL)이었다. Park et al. (2007)에 의한 도루묵 암컷의 자망에 대한 망목선택성 연구결과, 현지에서 주로 사용되는 자망어구 (망목크기 5.15 cm, 5.30 cm)에 어획된 개체의 최소 크기는 14 cm (FL) 이상이었고, 이 어구의 어획최적체장은 약 23 cm (FL)로 추정되었다. 따라서 동해구 기선저인망어업이 자망어업에 비해 미성숙개체의 어획비율이 높아 어획강도가 보다 높은 것으로 생각되나, 자망어업은 주로 산란시기에 산란자원량을 대상으로 조업이 이루어지고 있으므로, 각 어구들이 가입 및 재생산에 미치는 영향에 대해서는 추후 검토되어야 할 것이다.

1991~2008년간 도루묵 자원량은 1994년에 크게 감소하여 4천톤 이하의 낮은 수준을 보이다가 최근에 다소 증가하는 추세를 보였는데, 이러한 경향은 자원량의 상대지수인 단위노력당 어획량 (CPUE)에서도 비슷한 경향을 보여 자원량이 비교적 정확하게 추정된 것으로 보인다. 그러나 본 연구에서는 과거 1990년 이전에 대한 자료 수집이 불가하여 전반적인 도루묵의 자원변동 경향은 파악할 수 없었다. 하지만 1991~2008년간 자원량과 CPUE 변동이 유사한 경향을 보인 바와 같이, 만약 CPUE가 자원량에 직접 비례한다고 가정하면, 과거에 비해 현재의 자원수준이 아주 낮은 상태에 있음을 유추해 볼 수 있다. 과거 자원상태와의 직접적인 비교는 불가하지만, 이러한 도루묵 자원감소를 뒷받침할 수 있는 근거로 첫째, 최근 어획량이 1970~1980년대에 비해 크게 감소하였다는 것이다. 둘째, 최근의 연령별 자원량에 있어서 3세 이상의 고령어에 대한 자원량이 극히 낮은 수준에 있다는 것이다. 즉, 재생산에 참여할 수 있는 성어자원으로의 가입이 원활하게 이루어지지 못하고 있는 것으로 보이며, 이러한 영향은 결국 다음 세대로의 가입에도 악영향을 미치고 있는 것으로 생각된다. 이러한 사항은 어획개시연령이 2세로 추정된 바와 같이, 도루묵이 성어자원으로 가입되기 이전에 이미 과도하게 어획되고 있음을 알 수 있다.

따라서 본 연구에서는 도루묵에 대한 자원생태학적 특성치 및 자원량 추정을 통해 현재의 자원상태를 가늠해 보았으나, 이에 대해서는 자원평가 모델을 통해 보다 심도 깊게 분석되어야 할 것이며, 이러한 결과를 바탕으로 도루묵 자원을 회복시킬 수 있는 합리적인 관리방안이 수립되어야 할 것이다.

본 연구에서는 동해구 기선저인망어업에 의한 어획물의 체장조성 자료만을 사용하여 도루묵 자원량을 추정하였다. 그러나 도루묵의 경우 자망어업에 의한 어획량도 상당한 부분을 차지하기 때문에, 본 연구에 의한 도루묵 자원량 추정치가 과소 또는 과대평가되었을 가능성도 내포하고 있다. 최근 이러한 상황을 감안하여 단일어구에 의한 다중 자원평가 및 복수어구에 의한 단일어종 자원평가에 관한 연구가 수행되고 있다 (Caddy, 1982; Ould Dedah et al., 1999; Tjelmeland and Bogstad, 1998; Fowler, 1999). 우리나라에서도 이와 관련하여 대형기선저인망쌍끌이어업 (Seo and Zhang, 2001a) 및 참조기 자원평가 (Seo and Zhang, 2001b)에 대한 연구가 수행된 바

있다. 도루묵과 같은 경우에는 향후 복수어구에 의한 단일어 종 자원평가 연구를 통해 본 연구결과와 비교·분석되어야 할 것으로 생각되며, 비록 본 연구에서는 단일어업만을 고려하였으나 추정된 자원량과 CPUE 및 어획량 변동이 유사한 경향을 나타내어 그 추정치가 적절한 것으로 판단된다.

사 사

이 연구는 국립수산물과학원 (동해연안어업자원조사, RP-2009-FR-016)의 지원에 의해 수행되었습니다.

참고문헌

- Alagaraja K. 1984. Simple methods for estimation of parameters for assessing exploited fish stocks. *Indian J Fish* 31, 177-208.
- Alverson DL and Carney MI. 1975. A graphic review of the growth and decay of population cohorts. *J Cons Int Explor Mer* 36, 133-143.
- Baik KK, Rho YI, Chung YS, Hwang YT and Hong GE. 1989. The artificial seed production of sandfish, *Arctoscopus japonicus* (Steindachner). *Bull Nat Fish Res Dev Agency* 43, 145-156.
- Caddy JF. 1982. Some consideration relevant to the definition of shared stock and their allocation between adjacent economic zones. *FAO Fish Circ No.* 749, 44pp.
- Choi SH, Chun YY, Son SJ and Suh HK. 1983. Age, growth and maturity of sandfish, *Arctoscopus japonicus* (Steindachner) in the eastern sea of Korea. *Bull Nat Fish Res Dev Agency* 31, 7-19.
- Fadeev NS. 2005. Guide to biology and fisheries of fishes of the North Pacific Ocean. TINRO-Center, Vladivostok, Russia, 1-366.
- Fowler CW. 1999. Management of multi-species fisheries: from overfishing to sustainability. *ICES J Mar Sci* 56, 927-932.
- Kim IS, Choi Y, Lee CY, Lee YJ, Kim BJ and Kim JH. 2005. Illustrated book of Korean fishes. Kyohak Press, Seoul, Korea, 1-615.
- Lee HW and Kang YJ. 2006. Age determination and growth using the transverse section method of otoliths sandfish, *Arctoscopus japonicus*, in the eastern sea of Korea. *Ocean and Polar Research* 28, 237-243.
- Lee HW, Kim JH and Kang YJ. 2006. Sexual maturation and spawning in the sandfish *Arctoscopus japonicus* in the east sea of Korea. *J Kor Fish Soc* 39, 349- 356.
- Lee HW, Kang YJ, Huh SH and Baeck GW. 2007. Feeding habits of the sandfish, *Arctoscopus japonicus* in the East Sea, Korea. *Kor J Ichthyol* 19, 44-50.
- Myoung JG, Kim JM and Kim YU. 1989. Egg development and morphology of sandfish, *Arctoscopus japonicus* larvae and juveniles reared in the laboratory. *J Kor Fish Soc* 22, 129-137.
- Ould Dedah S, Condrey RE and Shaw RF. 1999. Conservative fit of the Schaefer model for a multispecies fishery. *Fish Res* 41, 155-168.
- Park HH, Jeong EC, Bae BS, Yang JH, Choi SH and Lee SI. 2007. Mesh selectivity of gill net for female Japanese sandfish (*Arctoscopus japonicus*) in spawning season. *J Kor Soc Fish Tech.* 43, 274-280.
- Pauly D. 1984. Length-converted catch curves. A powerful tool for fisheries research in the tropics (Part II). *ICLARM Fishbyte* 2, 9-10.
- Sakuramoto K, Kitahara T and Sugiyama H. 1997. Relationship between temperature and fluctuations in sandfish catch (*Arctoscopus japonicus*) in the coastal waters off Akita Prefecture. *ICES J Mar Sci* 54, 1-12.
- Sakuramoto K, Sugiyama K and Suzuki N. 2001. Models for forecasting sandfish catch in the coastal waters off Akita Prefecture and the evaluation of the effect of a 3-year fishery closure. *Fish Sci* 67, 203-213.
- Seo YI and Zhang CI. 2001a. A study on the multi-gear and multi-species fisheries assessment models in Korean waters. I. Multi-species by a single gear. *J Kor Fish Soc* 34, 355-358.
- Seo YI and Zhang CI. 2001b. A study on the multi-gear and multi-species fisheries assessment models in Korean waters. II. Single-species by multiple fisheries. *J Kor Fish Soc* 34, 359-364.
- Tjelmeland S and Bogstad B. 1998. MULTSPEC-a review of a multispecies modelling project for the Barents Sea. *Fish Res* 37, 127-142.
- Watanabe K, Sygiyama H, Sugishita S, Suzuki N and Sakuramoto K. 2004. Estimation of distribution boundary between two sandfish *Arctoscopus japonicus* stocks in the Sea of Japan off Honshu, Japan using density indices. *Bull Jap Fish Oceanogr* 68, 27-35.
- Watanabe K, Sygiyama H, Sugishita S, Suzuki N and Sakuramoto K. 2005. Estimating and monitoring the stock size of sandfish *Arctoscopus japonicus* in the northern Sea of Japan. *Fish Sci* 71, 776-783.
- Yang JH, Lee SI, Cha HK, Yoon SC, Chang DS and Chun YY. 2008. Age and growth of the sandfish, *Arctoscopus japonicus* in the East Sea of Korea. *J Kor Soc Fish Tech* 44, 312-322.

- Zhang CI. 1987. Biology and population dynamics of Alaska plaice, *Pleuronectes quadrituberculatus*, in the eastern Bering Sea. Ph.D. Thesis, University of Washington, Seattle, U.S.A.
- Zhang CI and Sullivan PJ. 1988. Biomass-based cohort analysis that incorporates growth. Trans Amer Fish Soc 117, 180-189.
- Zhang CI, Park CS and Sohn MH. 1998. A study on the stock assessment of the sharp-toothed eel, *Muraenesox cinereus* (FORSKÅL) in Korean waters. IV. Population ecological characteristics and biomass. J Kor Soc Fish Res 1, 25-35.
- Zhang CI, Kang YJ and Lee MW. 1999. A population ecological study of the white croaker, *Argyrosomus argentatus* HOUTTUYN in Korean waters. IV. Population ecological characteristics and biomass. J Kor Soc Fish Res 2, 68-76.
- Zhang CI and Megrey BA. 2006. A revised Alverson and Carney model for estimating the instantaneous rate of natural mortality. Trans Amer Fish Soc 135, 620-633.

2009년 6월 26일 접수

2009년 9월 14일 수정

2009년 10월 17일 수리