

한국근해 참조기의 자원생태학적 특성치 추정

장창익 · 김용문* · 유신재 · 박차수* · 김수암 · 김종관 · 윤성봉
한국해양연구소 · *국립수산진흥원Estimation of Population Ecological Characteristics of Small Yellow Croaker, *Pseudosciaena polyactis* off KoreaChang-Ik ZHANG · Yong-Mun KIM* · Sin-Jae YOO · Cha-Soo PARK*
Su-Am KIM · Chong-Kwan KIM and Seong-Bong YOON
Korea Ocean Research and Development Institute, Ansan, P. O. Box 29,
Seoul 425-600, Korea
*National Fisheries Research and Development Agency, Yangsan,
Kyungnam 626-900, Korea

This paper deals with the estimation of population ecological parameters, including growth parameters, survival rates, instantaneous coefficient of natural mortality and age at first capture, of the small yellow croaker, *Pseudosciaena polyactis* in Korean waters, which determine fluctuations in stock abundance. For describing the growth of the small yellow croaker, von Bertalanffy growth equation was recommended for the purpose of stock assessment, although the Gompertz model yielded the closest fit. The survival rate (S) of the croaker was estimated to be 0.219 (variance=0.0000262), and the instantaneous coefficient of natural mortality (M) was 0.4 year⁻¹. From the estimates of S and M, the instantaneous coefficient of fishing mortality (F) was calculated to be 1.11 year⁻¹ implying an impact from fishing three times that of natural mortality. Finally, the age at first capture (t.) was estimated to be 0.602.

서 론

참조기(small yellow croaker, *Pseudosciaena polyactis*)는 우리나라 연근해 어업의 어민소득에 있어서 중요한 위치를 차지하고 있는 어종으로서 황해 및 동지나해에 널리 분포하고 있으며 질강군, 강소군, 한국군, 발해군 등 네 개의 계군이 있는 것으로 알려져 있다(국립수산진흥원, 1979). 우리나라 근해에서 어획되는 대상 계군은 한국군으로서 12월부터 이듬해 2월까지 제주도 서남부의 심해에서 월동한 후 3월이나 4월부터 황해연안의 산란장을 향해 북상 회유를 시작하여 4월부터는 위도와 어

청도를 거쳐 계속 북상, 5~6월에는 연평도 근해에 까지 도달하며 산란을 마친 후, 외해측으로 이동 분산하여 지내다가 10월 하순부터 남하하여 11월 이후에는 월동장에 이르게 되는 것으로 알려져 있다(국립수산진흥원, 1979). 그러나 근년에 이르러서는 과도한 어획으로 인하여 총 어획량의 감소, 주산란장의 남하, 소형어 어획비율의 증가 등 뚜렷한 자원의 감소 징후가 나타나고 있다(국립수산진흥원, 1988).

1926~1988년간 참조기의 연도별 연간 어획량 추세를 보면, 1930년대에는 연평균 어획량이 50,000~60,000 톤의 범위에 있었으나 그 후 1940년대부터

본 연구는 과학기술처의 특정연구과제의 일환으로 수행되었다.

1960년대 초반까지는 20,000~30,000 톤의 범위로 급감하였다가 1960년대 중반부터는 큰 변동을 보 이면서 다시 연평균 40,000 톤 수준으로 증가하였다(Fig. 1). 그러나 1980년대에 들어와서는 점차 10,000~20,000 톤 수준으로 떨어져서 최저의 기록 을 보였다.

한편, 참조기 어업의 중심 어장은 1960년대까지 연평도를 중심으로 한 서해안 일대였으나, 1970년 대에는 흑산도 근해를 포함한 제주도 서부해역으 로 이동되었다. 그 후 점차 동지나해로 주어장이 남하하여 최근에는 제주도 남부의 동지나해에서 연간 어획량의 70 % 이상이 어획되고 있으며, 또한 어선세력은 계속 증가되어 왔으나 어획량은 오히려 감소하고 있는 실정이다(국립수산진흥원, 1988).

이러한 상황을 인식하여 참조기 자원의 변동상 황을 파악하는데 필요한 자원 특성치 추정을 위한 연구가 수행되어 왔다. 참조기의 성장에 관한 연구 는 배(1960), Ikeda(1964), 정(1970) 및 황과 최 (1980)의 연구결과가 있으며 생산을 추정에 관한 연구에는 이(1977)의 연구결과만이 있을 뿐이다. 자원량 추정이나 자원관리 모델의 적용을 위해서 는 성장 및 생산을 추정 연구 뿐만이 아니라 순간 자연사망계수(M)와 어획사망계수(F), 어획개시연 령(t_c) 등의 지원특성치 추정에 관한 연구도 필요 하다.

본 논문에서는 최근 참조기에 대해 조사한 자료 를 이용하여 여러가지 성장모델로부터 성장매개변 수를 추정하고, 이들 추정된 자료를 사용하여 여러 가지 모델에 의한 생산을, 순간자연사망계수, 순간 어획사망계수 및 어획개시연령(t_c)를 추정하였다.

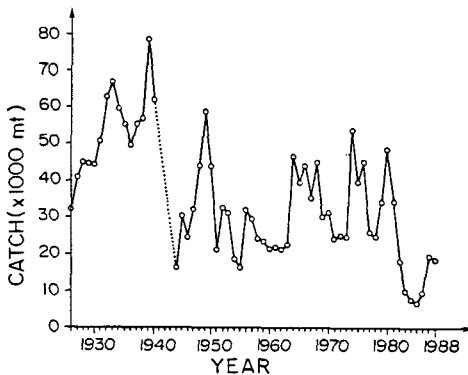


Fig. 1. Annual catches of small yellow croaker, *Pseudosciaena polyactis*, off Korea from 1926 to 1988.

자료 및 방법

1. 성장식

한국 근해 참조기의 시간에 따르는 체장의 성장 상태를 알아보기 위하여 황과 최(1980)의 1,371 개 체의 비늘을 사용하여 측정된 연령별 체장자료를 사용하였다(Table 1).

본 연구에서는 동물의 성장을 나타내는데 일반 적으로 사용하는 von Bertalanffy 성장모델, Robertson 성장모델, Gompertz 성장모델을 선택하여 적 합한 성장모델을 알아보고 또한 각 성장모델의 매개 변수를 추정하기 위하여 여러가지 방법(장, 1991) 을 비교 분석함으로써 가장 적합한 성장 매개변수 를 추정하였다. 또한, Richards의 일반화된 성장모 델에도 적용하여 비교 분석하는데 사용하였다. 각 모델의 일반식은 다음과 같다.

- von Bertalanffy 성장식: $l_t = L_{\infty}(1 - e^{-K(t-t_0)})$

- Robertson 성장식: $l_t = \frac{L_{\infty}}{1 + ae^{-K't}}$

- Gompertz 성장식: $l_t = L_{\infty}e^{-a \exp(-K't)}$

- Richards 성장식: $l_t = L_{\infty}(1 + ne^{-K(t-t_0)\frac{1}{n}})^{-\frac{1}{n}}$

여기서, l_t : 연령 t 시의 체장, t : 연령, L_{∞} : 이론적 최대체장, K , K' 및 K'' : 각 모델의 성장계수, t_0 : 체 장이 0일 때의 이론적 연령, a , n : 상수

Table 1. Total length at age of the small yellow croaker off Korea

Age(year)	Total length(cm)
1	12.45
2	18.83
3	23.74
4	27.46
5	30.21
6	32.17
7	33.49
8	34.29
9	34.66
10	34.74
11	34.82

2. 생산율(S)

생산율은 연령조성자료를 사용하여 추정하였다. 연령조성자료는 국립수산진흥원에서 1986~1988년 의 대형기선저인망어업에 대해 조사한 체급별 총 어획량과 체급별 평균 체중, 체급별 체장조성 등을 사용하여 체장별 어획 개체수를 구하고 여기에 연

령-체장 상관표(age-length key)를 사용하여 연령 조성을 구하였다(Fig. 2).

생잔율의 추정에는 1986~1988년의 평균 연령조성 자료(Table 2)를 사용하였으며 완전 가입연령은 1세로 가정하여 다음과 같은 여섯가지의 방법을 사용하였다. 즉, 어획물 곡선법, Jackson 방법, Heincke 방법, 평균연령 이용법, Champman and Robson 방법 및 Beverton and Holt 방법이다.

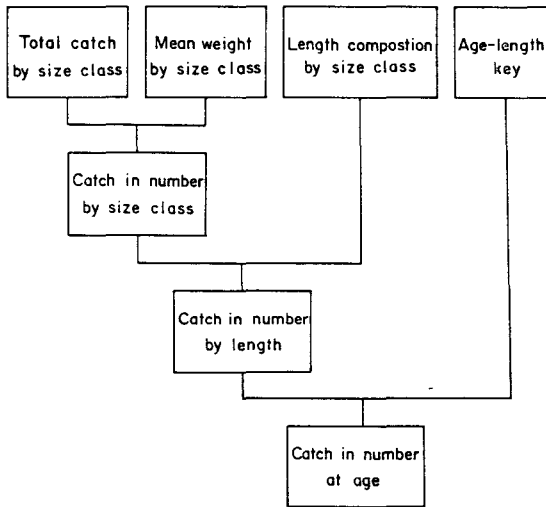


Fig. 2. Flowchart for estimating catch in number at age of small yellow croaker.

Table 2. Age composition of the small yellow croaker population derived from the Korean large trawl fishery, 1986~1988

Age	1986	1987	1988	Combined mean
0	5,468	4,536	4,713	4,906
1	3,983	3,960	3,745	3,896
2	461	1,315	1,283	1,020
3	68	159	209	145
4	12	22	35	23
5	3	5	9	6
6	1	2	3	2
7	1	1	1	1
8	0.4	0.3	1	1
9	0.3	0.1	0.3	0
10	0.2	0.03	0.1	0

3. 순간자연사망계수(M)와 순간어획사망계수(F)

어획을 제외한 다른 모든 요인들에 기인된 사망을 자연사망으로 하고, 여기서 추정하려고 하는 순간자연사망계수는 자원으로의 가입이후의 자연사망을 의미하며 이입과 이출은 고려하지 않았다. 순간자연사망계수를 추정하는데는 Alvenson and Carney 방법과 Pauly 방법을 사용하였다.

순간어획사망계수(F)는 순간전사망계수에서 자연사망계수를 제함으로써 추정하였고, 순간전사망계수는 앞서 추정한 생잔율($S=e^{-Z}$)값에서 변환하였다.

4. 어획개시연령(t_c)

일반적으로 한 자원의 어획개시연령은 망목시험을 통하여 추정되고 있으나 이에 관련된 자료가 없으므로 어획물의 체장조성과 von Bertalanffy의 성장식을 이용하여 추정하는 Pauly(1983)의 방법을 적용하였다. 최근의 어업에 대한 어획개시연령(t_c)을 추정하기 위하여 1986~1988년의 대형기선 저인망어업에 의한 체장조성자료를 사용하였다(Table 3).

결 과

1. 성장식의 추정

연령별 전장자료(Table 1)를 이용하여 von Bertalanffy 성장식의 매개변수들을 Walford의 정차도법과 Bertalanffy의 방법 및 비선형 회귀분석법을 사용하여 추정하였다(Table 4). 추정된 결과는 세 방법에서 꼭 같이 결정계수(R^2)가 0.998로 높게 나타났다. 이론적 최대체장(L_∞)의 추정치는 35.1~36.2 cm의 좁은 범위에 있었으며, 성장계수(K)는 Walford 법에 의한 추정치가 가장 낮은 0.331이었으며, Bertalanffy 방법에 의한 추정치는 0.478로 가장 높았다. 그러나 비선형 회귀분석법에 의한 추정치는 0.345로 Walford 식에 의한 값과 가까웠다. 이론적으로 체장이 0인 연령(t_0)의 추정치는 Bertalanffy 방법에서는 0.492년, Walford 식으로는 -0.239년, 비선형 회귀분석법으로는 -0.189년으로 추정되었다. Fig. 3은 Walford 법에 의한 성장곡선을 보여 준다.

Robertson 성장식의 매개변수의 추정에는 다섯가지의 방법이 사용되었다(Table 5). 이들의 결정계수를 비교하여 보면 Bertalanffy 방법이 가장 높은 0.996이었으며(Fig. 4), 차분방정식 방법이 0.940

Table 3. Catch in number at length of the small yellow croaker by the Korean large trawl fishery, 1986~1988

Length	Catch in number by year			
	1986	1987	1988	Combined mean
10	559,400	724,454	709,650	664,501
11	2,103,600	2,632,896	2,494,356	2,410,284
12	4,509,400	5,330,242	5,139,447	4,993,030
13	7,152,800	8,276,470	8,011,248	7,813,506
14	9,404,200	10,652,622	10,348,140	10,134,987
15	10,093,000	11,244,120	10,941,966	10,759,695
16	8,818,100	9,683,283	9,413,821	9,305,068
17	6,291,800	6,967,222	6,802,061	6,687,028
18	3,837,800	4,848,693	4,686,107	4,457,533
19	1,693,000	3,168,805	2,969,105	2,610,303
20	826,700	2,983,915	2,729,329	2,179,981
21	858,400	3,594,655	3,294,107	2,582,387
22	887,500	3,660,809	3,383,561	2,643,957
23	750,300	2,957,408	2,830,648	2,179,452
24	539,200	2,014,528	2,031,534	1,528,421
25	331,600	1,123,684	1,246,658	900,647
26	163,100	414,531	627,077	401,569
27	59,800	152,558	254,062	155,473
28	42,900	114,968	187,866	115,245
29	32,000	84,816	139,334	85,383
30	20,700	53,192	88,265	54,052
31	11,500	27,191	46,638	28,443
32	3,900	5,927	11,154	6,994
33	3,100	3,772	7,750	4,874
34	3,400	3,882	7,981	5,088
35	3,100	3,610	7,414	4,708
36	2,500	3,016	6,167	3,894
37	2,100	2,278	4,640	3,006
38	1,500	1,538	3,092	2,043
39	800	951	1,887	1,213
40	400	308	521	410
41	0	8	19	9

Table 4. Results of parameter estimations by different methods for estimating von Bertalanffy growth equation of the small yellow croaker off Korea

Parameters	Method of parameter estimation		
	Walford	Bertalanffy	Nonlinear
L_{∞}	36.17	35.10	36.09
K	0.331	0.478	0.345
t_0	-0.239	0.492	-0.189
R^2	0.998	0.998	0.998

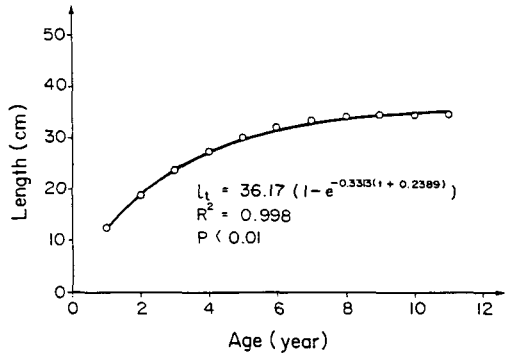


Fig. 3. von Bertalanffy growth curve estimated by Walford method of small yellow croaker off Korea.

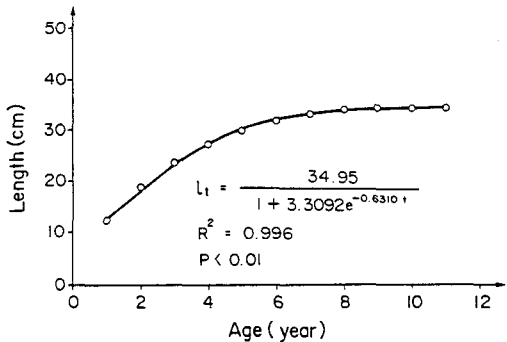


Fig. 4. Robertson growth curve estimated by von Bertalanffy method of small yellow croaker off Korea.

Table 5. Results of parameter estimations by different methods for estimating Robertson growth equation of the small yellow croaker off Korea

Parameters	Method of parameter estimation				
	Bertalanffy	Morisita	Difference	Eberhardt	Zhang
L_{∞}	34.95	34.94	34.20	34.63	34.54
K	0.6310	0.6854	0.6954	0.6752	0.6731
a	3.3092	1.2555	1.2359	1.2246	1.2144
R^2	0.996	0.989	0.940	0.986	0.975

으로 가장 낮았다. 이론적 최대 체장의 추정치들은 모두 34 cm와 35 cm의 사이에 있었으며 성장계수도 0.631에서 0.695 사이에 있었다. 상수 a는 Bertalanffy 방법을 제외하고는 거의 비슷하였다.

Gompertz 성장식의 매개변수 추정에서는 Bertalanffy 방법과 선형화 방법 및 Zhang 방법이 사용되었다. 추정된 결과는 Table 6에서와 같이 결정계수가 Bertalanffy 방법의 0.993에서 선형화 방법의 0.999로 아주 높게 나타났다. 이론적 최대체장은 모두 35 cm에 가까운 값으로 추정되었으며, 성장계수는 0.495~0.563의 범위에 있었다. 상수 a는 1.66에서 2.07의 범위에 있었으며, Robertson 성장식의 경우에서와 같이 Bertalanffy 방법으로 추정된 값이 다른 방법에 의한 값들에 비해 크게 나타났다. Fig. 5는 선형화 방법에 의한 Gompertz의 성장곡선을 보여준다.

Richards의 일반화된 성장식을 선형화시켜서 매개변수를 추정하는 Ebert 방법에 의한 추정식은 다음과 같으며, 성장곡선은 Fig. 6과 같다.

$$l_t = 35.12(1 - 0.01 e^{-0.4968(1 - 1.0715)^{100}}),$$

$$(R^2 = 0.999).$$

Table 6. Results of parameter estimations by different methods for estimating Gompertz growth equation of the small yellow croaker off Korea

Parameters	Method of parameter estimation		
	Bertalanffy	Linearization	Zhang
L_{∞}	34.99	35.13	35.15
K	0.5631	0.4950	0.4808
a	2.0707	1.7034	1.6573
R^2	0.993	0.999	0.997

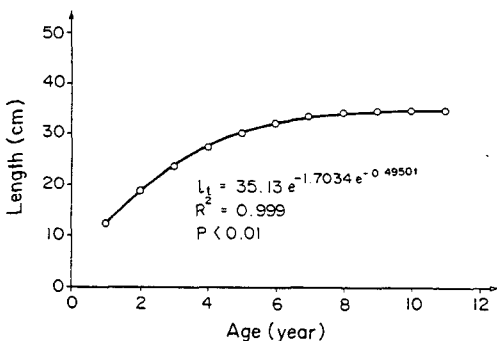


Fig. 5. Gompertz growth curve estimated by linearization method of small yellow croaker off Korea.

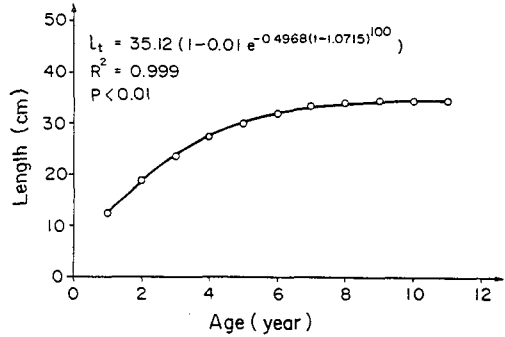


Fig. 6. Generalized Richards growth curve estimated by Ebert method of small yellow croaker off Korea.

2. 생산율의 추정

1986~1988년의 대형기선저인망어업에서 어획물의 연령조성자료(Table 2)를 사용하여 추정된 생산율은 0.21~0.24의 범위였으며, 어획물 곡선법에 의한 추정치만이 0.314의 높은 값을 보였다(Table 7).

한편, 적용된 여섯 방법중 어획물 곡선법, Heincke 방법 및 Champman and Robson 방법은 분산값을 추정할 수 있었으며, 추정된 분산값은 어획물 곡선법이 가장 컸고, Champman and Robson 방법이 가장 작았다. 각 추정치가 실측치에 어느 정도 적합하는지 알아보려고 추정된 생산율을 사용하여 Table 2의 1세의 어획미수를 기준으로 하여 2세에서 8세까지의 연령조성을 계산한 후 Table 2의 실측치와의 상관계수(r)를 구해본 결과, 어획물곡선법(0.997)을 제외하고는 모두 0.999로 아주 높은 값을 나타내었다.

Table 7. Estimates of survival rates of the small yellow croaker off Korea, using mean age composition for three years by six different methods

Methods	S	Var (S)
Catch-curve	0.31433	0.004855
Jackson	0.23512	NA
Heincke	0.23511	0.0000353
Average age	0.21859	NA
Chapman and Robson	0.21862	0.0000262
Beverton and Holt	0.23461	NA

* NA represents not available

3. 순간자연사망계수와 순간어획사망계수의 추정

한국 근해 참조기의 순간자연사망계수(M)를 추정함에 있어 Alverson and Carney 방법에 적용한 성장계수(K)는 Walford 정차도법을 사용하여 추정한 von Bertalanffy 식의 계수이며, 이 어종의 최대 연령은 연령조성 자료로부터 10년으로 나타났으므로 이 값을 사용하였다(Table 8). Pauly 방법에서도 Alverson and Carney 방법에서 사용한 von Bertalanffy 식의 성장 매개변수들을 이용했으며, 환경수온은 양과 조(1982)의 참조기의 적정 수온에 관한 연구결과를 사용하여 10 ℃를 택하였다. 또한, 참조기는 무리를 짓는 습성이 있는 어종이므로 구해진 값에 0.8을 곱하여 최종의 순간자연사망계수를 구하였다. 두 방법에 의한 추정치는 모두 0.4에 아주 가깝게 나타났다(Table 8).

순간어획사망계수(F)는 Champman and Robson 방법에 의해 추정된 생산율을 순간전사망계수로 전환하여 $F=Z-M$ 식에서 추정하였다. 즉, $Z=-\ln(0.22)=1.51/\text{년}$, 따라서, $F=1.51-0.4=1.11/\text{년}$ 으로 추정되었다.

Table 8. Estimated instantaneous coefficients of natural mortality (M) of the small yellow croaker by two methods and their input data.

Method	Estimates of M	Input data
Alverson and Carney	0.394	K=0.3313/year $t_{mb}=10$ years
Pauly	0.408	$L_{\infty}=36.17$ cm K=0.3313/year T=10 ℃ Schooling stock

4. 어획개시연령(t_c)의 추정

Table 4의 자료를 사용하여 한국 근해 참조기 자원의 어획개시연령(t_c), 혹은 50% 어구가입연령을 Pauly의 방법에 의하여 추정하였다. 체장조성 자료를 Walford의 정차도법에 의해 추정된 von Bertalanffy의 성장식을 이용하여 연령조성으로 변환시킨 후 어획률 곡선식에 의해 순간전사망계수를 먼저 추정하였다(Fig. 7). 이 때에 연령에 관계없이 일정한 사망계수를 가진다는 가정하에서 가입, 혹은 어구선택이 되지 않은 상황을 예상한 기대어획 개체수와 실제어획 개체수와와의 비를 사용하여 50% 어구 가입연령을 추정하였다. 추정된 어구가입

연령은 0.602세였다.

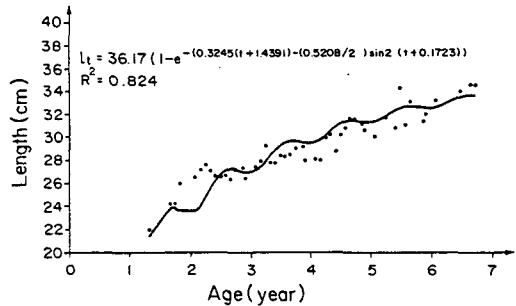


Fig. 7. Growth curve by seasonally varying model of small yellow croaker off Korea.

고찰

수산자원생물의 양적인 변동에 관련된 요소인 개체의 성장에 의한 자원의 증중량과 개체군의 자연요인에 의한 사망량, 재생산에 의한 가입량 및 어획에 의한 사망량 등의 개체군역학에 관련되는 특성치들을 추정하는 연구는 개발이되고 있는 수산자원을 평가하여 자원상태를 진단하고 나아가서 자원을 관리하기 위한 과학적인 대책수립에 기본적인 역할을 하게 되기 때문에 필수적인 것이다. 본 논문에서의 특성치의 추정연구는 한국 근해의 참조기 자원의 정확한 평가와 진단에 입력자료로써 사용하기 위한 첫번째 단계의 연구이다.

먼저, 본 연구에서 세 가지의 성장모델, 즉 von Bertalanffy, Robertson 및 Gompertz 모델들에 참조기 자원의 성장자료를 적용해 본 결과, 결정계수(R^2)를 기준으로 할 때, Gompertz의 모델이 가장 적합도가 높은 것으로 나타났다. 즉, Gompertz 모델의 선형화 방법에서의 결정계수는 0.999였다. 그러나 von Bertalanffy의 모델도 0.998로 적합도가 아주 높았다. 오히려 Gompertz 모델의 선형화 방법을 제외한 다른 방법에서 보다 von Bertalanffy 모델의 모든 방법들에서 적합도가 높았다.

각 성장모델에서의 매개변수 추정에 사용된 방법들을 비교해 보면, von Bertalanffy 모델에서는 세 방법에 대한 적합도가 같았다. Robertson 모델은 von Bertalanffy나 Gompertz 모델에 비하여 전반적으로 적합도가 낮았는데, 이 모델은 개체군 성장에 적합한 모델이기 때문인 것으로 보인다. 또한, 이 모델의 매개변수 추정에 사용된 방법들 가운데는 Bertalanffy 방법이 가장 적합도가 높았다. 그러나

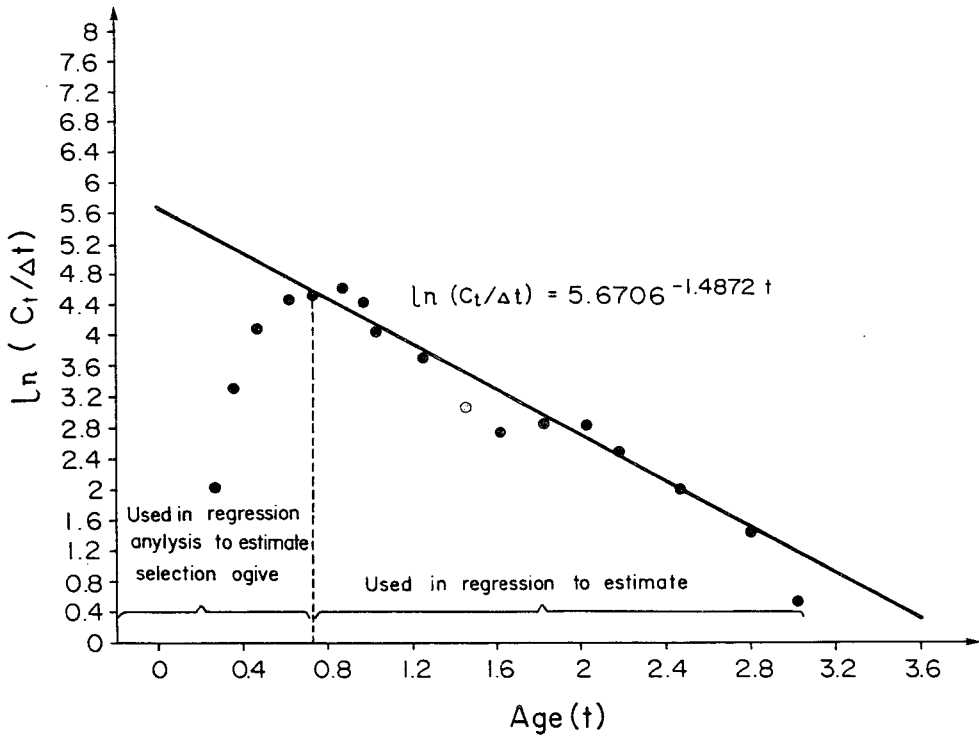


Fig. 8. Estimation of the selection give of small yellow croaker from a length converted catch curve analysis using Pauly method.

Gompertz 모델에서는 선형화 방법의 적합도가 가장 높았던 반면, Bertalanffy 방법의 적합도는 가장 낮았다. 이와 같은 결과로부터 어떤 특성의 매개변수 추정방법이 가장 우수한 방법이라고 볼 수 없으며, 어떠한 성장모델을 사용하느냐에 따라 달라짐을 알 수 있다. 일반화된 Richards의 성장식은 역시 가장 높은 적합도를 보였으며, n 값이 0.01로 추정이 되었으므로 $n \rightarrow 0$ 인 경우 Gompertz 모델로 개략화 된다는 사실이 입증되었으며, 또한 성장곡선의 모양(Fig. 5)도 Fig. 6과 같이 비슷하게 나타났다.

전통적으로 수산자원연구에서 많이 사용되고 있는 모델은 von Bertalanffy의 모델이다. 앞에서 순간자연사망계수를 추정하거나 어획개시연령을 추정하는데 입력자료로서 사용된 것이나, 혹은 자원평가 방법의 하나인 가입당생산량 모델에서도 입력자료로서 von Bertalanffy 모델의 매개변수들이 사용되고 있다. 본 연구의 순간자연사망계수 추정이나 어획개시연령 추정에 입력자료로서 사용된 von Bertalanffy 모델의 매개변수로는 가장 보편적으로 사용되고 있는 Walford 정착도법에 의해 추

정된 값들을 선택하여 사용하였다.

생잔율을 추정하기 위하여 사용되는 연령조성자료는 원칙적으로 한 코호트(동일발생군)에 대해 추적한 자료를 사용하여야 한다. 그러나 대개는 한 코호트에 대한 자료를 얻기가 힘들기 때문에 자원의 평형상태를 가정하여 한 해의 채집자료를 사용하게 된다. 이러한 가정은 사실상 현실 상황을 너무 무시하고 있기 때문에 자원평가에 있어 큰 무리가 따른다. 그러므로 본 연구에서는 인위적으로 평형상태를 만드는 방법으로서 1986~1988년의 3개년 자료를 합쳐서 생잔율 추정에 사용하였다. 여섯 가지의 사용된 방법 가운데 우선 어획물곡선법을 제외하고는 모두 생잔율 추정치에 의한 계산치와 실측치와의 상관도가 높았으며, 이 중 두 가지 방법은 분산값을 추정할 수 있었으므로 분산값을 추정할 수 없는 방법에 비해서는 더 나은 방법으로 보이며, 또한 분산값을 추정할 수 있는 방법 가운데서도 더 적은 분산값을 산출한 Champman and Robson 방법의 추정치인 0.219(분산: 0.0000262)가 가장 적합한 추정치로 생각이 된다. 더우기, 이 추정치는 여섯 가지의 생잔율 추정치 가운데 낮은 값에 속하기

때문에 자원평가에 사용되는데는 자원보전적 측면에서 안전한 값이 될 수 있을 것이다.

1969~1973년의 어업자료의 연령조성으로부터 추정된 이(1977)에 의한 생산율 추정치는 0.400~0.476의 범위에 있었는데 본 연구에서 1986~1988년 자료에 대한 추정치인 0.219는 생산율에 있어서 약 20년 사이에 50%로 감소되었음을 보여준다. 이 추정치는 추정방법이 서로 다른 점이 있기는 하지만 방법에 있어서 이론적으로 큰 차이가 없으므로, 자원의 감소 징후를 나타내 주고 있다.

수산자원 연구에 있어서 순간자연사망계수(M)는 거의 대부분의 자원평가 방법이나 관리모델을 사용하는데 필수적인 특성치인데도 불구하고 일반적으로 연구대상으로 크게 주목을 받지 못해서 정확한 값을 얻기가 매우 어려운 상태이다. 본 연구에서 두 가지의 독립적인 방법에 의한 추정치는 다행히 거의 일치가 되었으므로 큰 문제는 없었다 (Table 8). 본 연구에서 추정된 순간자연사망계수인 0.4/년과 앞에서 추정된 생산율의 관계를 이용하여 순간어획사망계수도 1.11/년으로 추정 가능하였다. 이 값들을 통하여 참조기는 전체 개체수 가운데 연간 약 78%가 죽게 되는데, 이 중 74%는 어획에 의하여 죽게 되고 26%가 기타 요인에 의하여 자연사하는 것으로 나타났다. 이 수치는 역시 $F_{MSY} \approx M$ 이라는 Gulland(1971)의 가정으로 볼 때, MSY 수준을 약 3배 가량 초과하는 남획수준으로 볼 수 있는 값이다.

50%의 어구가입연령의 추정은 망목시험을 통하여 대상어구에 대해 체장별로 어느 정도 선택이 있는지를 계산함으로써 가능하다. 그러나 Pauly(1984)는 이러한 자료가 없을 경우 단 하나의 체장조성 자료를 사용하여 추정가능한 방법을 제시하였다. 이 방법은 순간전사망계수가 가입이전의 연령을 포함한 모든 연령에서 동일하다는 비현실적인 가정을 바탕으로 이용이 가능하다. 한편으로는 순간전사망계수를 구성하는 순간어획사망계수는 망목선택 단계에서 완전가입 이후에 비하여 더 작고, 순간자연사망계수는 완전가입 이후보다는 망목선택단계 이전인 작은 어체에서 더 높을 것이므로 이 가정이 큰 무리는 없을 것으로 보인다(장, 1991). 따라서 생산율 추정에서와 마찬가지로 인위적으로 평형상태를 만드는 방법으로서 1986~1988년의 3개년 체장조성자료를 합쳐서 추정된 $t_c=0.602$ 세는 가입당생산량 모델 등에 입력자료로서 적용되는데 적절한 추정치로 볼 수 있다.

요 약

한국 근해 참조기 자원의 양적인 변동에 관련된 자원의 특성치인 개체의 성장식과 개체군의 생산율, 순간사망계수 및 어획개시연령 등을 추정하였다. 참조기의 연령과 성장 관계는 Gompertz 성장모델의 선형화 방법에 의한 이론적인 적합도가 가장 높았으나 실용적인 면을 고려하여 von Bertalanffy 성장식의 이용이 권고되었다. 생산율은 0.219(분산: 0.0000262), 순간자연사망계수는 0.4/년으로 추정되었다. 최근의 순간어획사망계수는 1.11/년으로 추정되어 순간자연사망계수의 약 3배 정도로 높게 나타났다. 어획개시연령은 0.602세로 추정되었다.

참 고 문 헌

- Gulland, J. A. 1971. The fish resources of the ocean. West Byfleet, Surrey, Fishing News (Books) Ltd., for FAO, 255 p. Rev. ed. of FAO Fish. Tech. Pap., 97: 425 p. 1970.
- Ikeda, I. 1964. Studies and fishery biology of the yellow croaker in the East China and the Yellow Sea. Bull. Seikai Reg. Fish. Res. Lab. 31: 49~81.
- Pauly, D. 1984. Length-converted catch curves. A powerful tool for fisheries research in the tropic (Part II). ICLARM Fishbyte 2(3): 9~10.
- 국립수산진흥원. 1979. 한국해양편람. 제 3판, 650 p.
- 국립수산진흥원. 1985. 연근해 주요 어종의 생태와 어장. 자원조사자료집 제 8호. 231 p.
- 국립수산진흥원. 1988. 연근해 어업 자원 평가. 수산자원조사보고 제 10호. 254 p.
- 배동환. 1960. 한국근해에 있어서 참조기 자원의 자원생물학적 연구. 수진수산자원조사보고, 4 (53): 61~62.
- 양성기 · 조규대. 1982. 동지나해 참조기 어장 분포와 해황과의 관계. 한수지, 5(1): 26~34.
- 이장욱. 1977. 황해 동지나해산 참조기의 연령조성과 생산율의 추정. 수진연구보고, 16: 7~31.
- 장창익. 1991. 수산자원 생태학. 우성문화사, 399 p.
- 정상철. 1970. 한국 서해산 참조기의 연령과 성장. 한수지, 3(3): 154~160.
- 황번일 · 최수하. 1980. 황해 · 동지나해산 참조기의 연령과 성장. 수진연구보고, 23: 171~178.

1991년 9월 27일 접수

1991년 11월 19일 수리