

한국 연근해 생태계의 잠재 재생산 지수

이선길* · 이재봉¹ · 장창익² · 이동우¹

남해수산업연구소, ¹국립수산과학원, ²부경대학교 해양생산관리학과

Fish Reproduction Potential Indices in the Coastal and Offshore Ecosystems in Korea

Sun Kil LEE*, Jae Bong LEE¹, Chang Ik ZHANG² and Dong Woo LEE¹

South Sea Fisheries Research Institute, Yeosu 556-823, Korea

¹National Fisheries Research and Development Institute, Busan 619-902, Korea

²Department of Marine Production Management, Pukyong National University, Busan 608-737, Korea

We developed an ecosystem indicator (EI) for the coastal and offshore areas of Korean waters. One of the major scientific challenges of this undertaking was to translate broad policy statements for ecosystem-based fisheries management (EBFM) into practical terms. Fish reproduction potential (FRP) was defined as an EI to describe the reproductive probability of adult fisheries resources in Korean waters. The FRP was estimated as the ratio of adult fish composition to total catch, catches (in metric tons) by species and by ecosystem, and fishery effort (in horse power per metric ton). The FRP indices of the East/Japan Sea Ecosystem (EJSE), Yellow Sea Ecosystem (YSE), and East China Sea Ecosystem (ECSE) began to decrease after the mid-1980s, and the current indices have decreased further, at 0.63 (EJSE), 1.22 (YSE), and 0.68 (ECSE) index points compared to the indices of 1975, when similar catch amounts were recorded. Lower FRPs in the Korean marine ecosystems were the result of higher proportion of immature fisheries resources in the total catch. Because this kind of ecosystem-level indicator is thought to reflect scientific approaches to EBFM and to provide an important tool for assessing the current status of marine ecosystems with respect to both quantity and quality, more EIs should be developed for Korean waters.

Key words: Ecosystem indicator (EI), Biological minimum mature length, Mature fish ratio, Fishing effort, Fish reproduction potential (FRP) index

서 론

수산업에 의해서 이용되고 있는 어업자원생물들은 해양생태계의 일부를 구성하는 생물들이다. 이들 생물들은 서로 먹고 먹히는 관계나 혹은 동일 먹이생물을 대상으로 경쟁을 하는 등 서로 생태학적인 상호작용을 하면서 생존하고 있으며 또한 어업자원으로 이용되고 있다 (Zhang, 2002). 수산 선진국들은 전통적인 단일종 관리방식이 남획과 자원관리에 한계가 있다는 것을 인식하면서 생태계 내 수산생물의 상호작용을 고려한 거시적인 관점, 즉 생태계 기반 자원관리의 필요성을 느끼게 되었다.

생태계 기반 관리목표를 수산자원관리에 적용시키기 위해서는 측정 가능한 지표와 모니터링 계획을 설정해야 할 필요가 있다. 이를 위해서는 해양생태계의 구조 (생물의 다양성)와 기능 (서식처 생산력)에 대한 영향을 고려해야 한다. Gislason et al. (2000)은 생태계 기반 관리목표와 각 목표에 대한 지표 및 기준점을 제시하였으며, 각 목표에 대한 지표와 기준점들은 앞으로 계속해서 개발되고 평가가 이루어져서 보완이 이뤄져야 한다고 제안하였다. Livingston et al. (2005) 역시 생태계

에 대한 어업의 영향을 고려한 목표, 부목표, 유의한 한계 및 지표를 제시하였다.

Pauly et al. (1998)은 서로 먹고 먹히는 먹이망 역학을 통하여 생태계의 건강지수 (영양단계)를 추정하였고, 나아가 어업관리에 사용할 수 있는 어업균형지수 (fishery-in-balance, FIB index)를 개발하였다 (Pauly et al., 2000). 또한 세계 많은 수산 과학자들이 자국 수산생태계의 영양단계와 어업균형지수 (Milessi et al., 2005; Vivekanandan et al., 2005)를 추정해왔다. 국내에서도 연근해 생태계의 먹이망 정보를 이용하여 Zhang and Lee (2004)가 동해, 황해, 남해생태계의 건강지수인 영양단계를 추정하였다. 이처럼 영양단계 및 어업균형지수를 추정하기 위해서는 생물 간의 정확한 먹이망 정보가 필요하지만 현실적으로 많이 부족한 것이 사실이며 먹이망 정보에 관한 연구에는 많은 인력, 시간 및 경비가 필요 하는 등 많은 어려움이 뒤따른다. 따라서 우리나라 연근해 생태계의 양적·질적 변동을 동시에 고려하고 좀더 쉽게 추정할 수 있는 새로운 지표 개발의 필요성이 대두되었다.

본 연구에서는 각 개체의 생물학적 최소성숙체장 이상의 성어 비율을 이용하여 산란에 참여할 수 있는 성어들의 잠재 번식력, 즉 잠재재생산 지수 (Fish Reproduction Potential, FRP index)를 개발하게 되었다. 잠재재생산 지수는 각 개체의 체장

*Corresponding author: leesk@momaf.go.kr

조성 자료를 이용하기에 자료 수집이 용이하고, 먹이식성 연구에 비하여 인력 감소, 경비 및 시간 절감이라는 장점이 있으며, 가장 큰 장점은 생태계의 변동을 수시로 추정 및 확인할 수 있다는 것이다. 최근 우리나라의 현안 문제는 수산자원회복이다. 무분별한 어획노력량의 증가도 문제이긴 하지만, 가장 큰 문제는 어획물의 대부분이 산란에 한번도 참여하지 못한 미성어들이라는 것이다. 본 연구는 어획물의 성어비율이 80% 이상이었고 최근 (2004년) 어획량과 비슷한 1975년을 기준시점으로 정하여 연도별·생태계별 성어들의 잠재재생산력 변동을 추정하였고, 현재의 잠재재생산력이 1975년에 비해 얼마나 증가 혹은 감소하였는지를 구명하였다. 잠재재생산 지수라는 연근해 생태계의 지표 (ecosystem indicator)를 개발함으로써 생태계를 기반으로 하는 연근해 어업관리에 실용적인 도움이 되고자 한다.

재료 및 방법

생태계 구분

수산자원의 관리단위를 설정할 때 과학적인 분석에 의한 생태계 경계를 기초로 하여야 한다. 해양생태계 경계는 일반적으로 개방되어 있으나 수심분포와 같은 해양학적 특성들은 해양생태계를 정의할 수 있도록 생물학적 불연속성이나 속성들의 변화성을 나타낸다 (Zhang, 2002). 우리나라 해양 생태계를 구분하는 기준은 각 기관 (해양조사원, 국립수산물학원, 기상청 등)마다 조금씩 차이가 있어, 본 연구에서는 Lee et al. (2005)의 연구결과에 따라 생태계 경계를 행정구역으로 구분하였다. Lee et al. (2005)은 염분, 밀도 그리고 동물 플랑크톤 분포 등의 자료를 인공신경망 (ANN)에 의한 자가 구성법(SOM)을 이용하여 해양물리학적 특성과 생물학적 특성에 따라 우리나라 연근해를 3개의 생태계로 구분하였다 (Fig. 1). 따라서 본 연구에서는 강원도와 경상북도를 동해생태계로, 인천·경기도·충청남도·전라북도를 황해생태계, 그리고 부산·울산·전라남도·제주도를 남해생태계로 간주하였다 (Fig. 1).

어획량

어획량 자료는 대형선망 어업의 도입 및 어장개발, 어로기술 발달, 선박의 대형화 등으로 본격적인 연근해어업이 시작된 1975년부터 2004년까지 해양수산부 통계연보의 일반해면 어업 (연근해어업)의 어획량 자료를 이용하였다 (MOMAF, 1975-2004). 사용된 어종별 어획량 자료는 어류와 연체동물만 사용하였고, 갑각류, 패류, 해조류, 기타 수산동물 등은 제외시켰다. 동해, 황해, 남해생태계의 어획량 자료는 시도별 어획량 자료를 생태계 구분 기준에 따라 구분하여 계산하였다.

어획노력량

연근해어업의 어선세력 (어획노력량)은 척수, 톤수, 마력수가 있는데 본 연구에서 사용한 어획노력량은 톤당 마력 (Hp/ton)을 사용하였다. 어획노력량을 해역별로 추정할 때 다

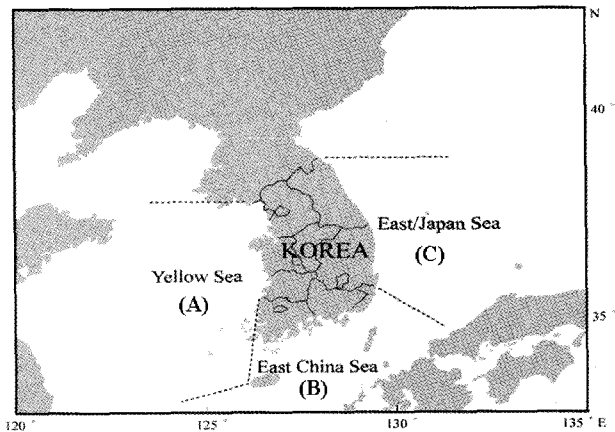


Fig. 1. Dotted lines denote boundaries of three marine ecosystems in Korean waters. A, the Yellow Sea ecosystem; B, the East China Sea ecosystem; C, the East/Japan Sea ecosystem.

음과 같이 가정하여 추정하였다. 해양수산부 통계연보의 어획 노력량은 시도별로 구분되어 있긴 하지만 연근해어업뿐만 아니라 원양어업, 천해양식어업, 내수면어업, 운반선, 지도선, 감시선 등 모든 어획노력량이 포함되어 있어 연근해어업만의 어획노력량을 별도로 분리하여 계산하기에는 상당한 어려움이 있었다. 우선 시도별 어획노력량을 생태계 구분 기준에 따라 계산을 하고, 업종별 어획노력량을 조사한 후 연근해어업이 아닌 원양어업, 양식어업, 내수면 어업 및 기타 운반선 등을 제외하여 각 생태계의 어획노력량을 추정하였다. 원양어업의 경우, 1970년대 말까지 원양어업 회사들이 대부분 서울에 있었기 때문에 생태계 구분 기준에 따라 황해생태계로 포함시켜야 하지만 회사만 서울에 있었을 뿐 어획량 양륙 등 모든 업무가 부산에서 이루어졌기에 현재 원양어업의 주 세력이 있는 부산으로 간주하여 남해생태계의 전체 어획노력량에서 원양어업의 어획노력량을 제하였다. 포경어업은 어업기지가 경상남도 장생포에 있었기에 마찬가지로 남해생태계의 어획노력량에서 제하였다. 시도별 어획노력량 중 바다에 접하지 않은 충청북도의 어획노력량은 내수면 어업으로 간주하였고, 내수면 어업의 경우, 연도별 시도별 어획노력량을 알 수 없어서 한국농림경제연구원의 내수면어업생산고에 대한 연구보고 (KREI, 1987)를 참고하여 당시 지역별 어선톤수에 대한 어선마력과 어획량 비를 고려하여 각 생태계별로 가중평균 한 후 어획노력량에서 제하였다. 마지막으로 양식어업과 기타 어선에 대한 어획노력량 역시 1968년의 통계연보에 나와 있는 시도별 어획노력량 비를 생태계별로 가중평균 한 후 제하였다. 본 연구에 사용된 생태계별 어획노력량 (Hp/ton)이 연도별 편차가 너무 커서 로그값을 취한 후 잠재재생산 식에 사용하였다.

성어 비율

우리나라 연근해에서 어획되는 어획물의 주요 어종별 최소 성숙체장을 조사하였다 (NFRDI, 2005; Table 1). 성어 비율을 추정하기 위하여 국립수산물학원의 연도별 주요 어종별 체장

자료를 이용하였고, 사용된 어종은 우리나라 연근해어업의 주요 어종인 갈치, 갯장어, 고등어, 말쥐치, 보구치, 삼치, 오징어, 전갱이, 참돔, 참조기 등 11어종이었다 (NFRDI, 1975-2004). 11 어종의 어획량 합은 전체 어획량 (어류와 연체동물의 합)의 약 60-70%를 차지하는 것으로 나타나 연근해 전체 어획물의 성어 비율을 대표한다고 가정된 후 생태계별 어획량과 가중평균 하여 성어 비율을 추정하였다.

잠재재생산 지수

잠재재생산력 (FRP)은 성어 자원들이 재생산에 참여할 수 있는 가능성을 표시하는 생태계 지표로서 한 개체군의 연평균 자원량 (\bar{B}_t)과 성어비율(mature fish rate, MR)의 곱에 비례하는 것으로 나타낼 수 있다. 즉,

$$\text{잠재재생산력 (FRP)} \cong \text{연평균자원량 } (\bar{B}_t) \times \text{성어비율 (MR}_t) \dots\dots\dots (1)$$

연평균자원량 (\bar{B}_t)은 어획량과 어획사망계수의 관계로부터 다음과 같이 쓸 수 있다.

$$FRP_t = \frac{Y_t}{F_t} \times MR_t \dots\dots\dots (2)$$

어획사망계수 (F)는 어획능력 (q)과 어획노력량 (f)으로 나타낼 수 있다.

$$FRP_t = \frac{Y_t}{q \cdot f_t} \times MR \dots\dots\dots (3)$$

이러한 개념을 이용하여 개발한 잠재재생산 지수 (FRP index)는 다음과 같다.

$$FRP \text{ index} = \log \left\{ \frac{Y_i \cdot MR_i}{q \cdot f_i} \right\} - \log \left\{ \frac{Y_0 \cdot MR_0}{q \cdot f_0} \right\} \dots\dots\dots (4)$$

여기서, Y_i 는 i 년도의 어획량을 나타내고, MR_i 는 i 년도의 성어 비율, Y_0 는 기준연도의 어획량, MR_0 는 기준연도의 성어 비율, q 는 어획능력, 그리고 f_i 와 f_0 는 i 년도의 어획노력량과 기준연도의 어획노력량을 각각 나타낸다.

결 과

어획량

1975년부터 2004년까지 우리나라 연근해어업의 시도별 어획량을 생태계별로 구분하여 계산하였다 (Fig. 2). 동해생태계의 평균 어획량은 약 19만 톤 (CV=18.2%)이었고, 황해생태계는 약 13만 톤 (CV=16.8%), 그리고 남해생태계는 약 84만 톤 (CV=16.8%)으로 동해생태계와 황해생태계보다 약 4.5-6.5배 정도 많았다. 동해생태계의 어획량 변동을 살펴보면, 1988년을 기준으로 그 이전에는 명태와 쥐치의 증감에 따라 어획량 추세가 변동하였고, 1988년 이후에는 명태와 쥐치는 거의 어획되지 않았고 대신 오징어의 증감에 따라 어획량이 변동하였다. 황해생태계는 1975년부터 어획량이 꾸준히 증가하다가 1983년 약 20만 톤을 기록하였으나 그 이후 감소하기 시작하여 1996년도에는 약 4.5만 톤을 기록하였다. 모든 어종이 감소한 탓도 있겠지만 1980년대 중반까지 약 6만 톤의 어획고를 기록했던 갈치가 감소하여 지금은 약 2-3천 톤으로 거의 어획되지 않는 실정이다. 1996년도 이후 조금 증가했다가 감소에 영향을 미친 것은 멸치의 증감에 의한 것으로 분석되었다. 남해생태계는 우리나라 연근해어업 어획물의 대부분을 차지하는 생태계로서 1975년 약 60만 톤이었던 어획량은 어업기술과 어로장비의 발달로 꾸준히 증가하여 1986년에는 약 114만 톤을 기록하였다. 1986년 이후 어획량이 감소하기 시작하여 1991-9192년에는 약 80만 톤을 기록하였다. 꾸준히 증가해 왔던 쥐치, 멸치, 정어리, 고등어, 갈치 순으로 감소하였고, 특히 1986년 어획량이 약 32만 톤이었던 쥐치가 1990년대를 접어들면서 거의 어획되지 않고 있다. 1996년에는 고등어가 약 40만 톤, 멸치가 약 22만 톤, 오징어가 약 14만 톤이 어획되면서 또 한번의 어획량 증가를 기록하였으나 전반적인 감소로 인해 어획량 전체가 감소하는 추세이다.

어획노력량

생태계별 어획노력량 (Hp/ton)은 모든 생태계에서 꾸준히 증가하였다. 1990년대를 접어들면서 황해생태계의 어획노력량이 타 생태계에 비해 급증한 것으로 나타났으며, 최근 (2004)의 어획노력량은 황해생태계가 약 80 Hp/ton으로 타 생

Table 1. Minimum mature length (cm) by major 11 species in Korean coastal and offshore fisheries (NFRDI, 2005)

Species	Scientific name	Minimum maturity length (cm)	Remarks
Hairtail	<i>Trichiurus lepturus</i>	26	AL *
Sharp toothed eel	<i>Muraenesox cinereus</i>	28	AL
Chub mackerel	<i>Scomber japonicus</i>	27	FL
Filefish	<i>Thamnaconus modestus</i>	21	TL
Anchovy	<i>Engraulis japonicus</i>	9	FL
White croaker	<i>Pennahia argentata</i>	20	TL
Spanish mackerel	<i>Scomberomorus niphonius</i>	78	FL
Common squid	<i>Todarodes pacificus</i>	20	ML
Jack mackerel	<i>Trachurus japonicus</i>	24	FL
Red sea bream	<i>Pagrus major</i>	26	FL
Small yellow croaker	<i>Larimichthys polyactis</i>	19	TL

*AL, Anal length; FL, Fork length; TL, Total length; ML, Mantle length.

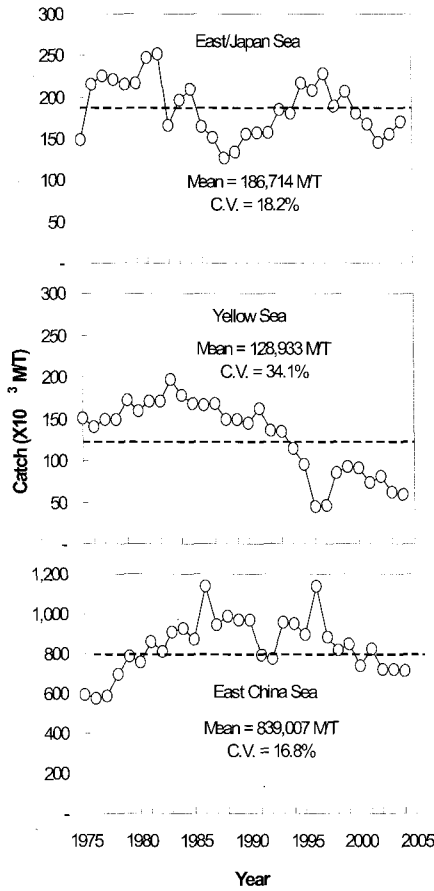


Fig. 2. Annual variations in total catch of three ecosystems in Korean waters, 1975-2004. Dotted lines represent total averages.

태계보다 2배 이상의 어획노력량이 투입되는 것으로 나타났다. 생태계별로 어획노력량의 증가를 살펴보면, 동해생태계는 1975년 2.7 Hp/ton에서 2004년 39.5 Hp/ton으로 약 15배 증가하였고, 황해생태계에서는 1.63 Hp/ton에서 80.9 Hp/ton으로 약 50배, 남해생태계에서는 2.8 Hp/ton에서 36.4 Hp/ton으로 약 13배 증가하였다 (Fig. 3).

성어비율

주요 어종별 최소성숙체장과 국립수산물과학원의 연도별 어종별 체장별 마리수 자료를 이용하여 연도별 성어비율을 추정하였다 (Fig. 4). 1980년대 초까지는 성어들이 어획물의 약 80%를 차지하였으나 감소하기 시작하여 1986년에는 산란에 한 번도 참여하지 못한 미성어들이 어획물의 약 80%를 차지하였다. 1986년 우리나라 연근해어업 어획량(어류 및 연체동물)은 약 150만 톤으로 최고치를 기록하였으나 120만 톤 정도가 미성어들이인 셈이다. 1996년 이후부터 성어비율이 조금씩 증가하는 추세이나 여전히 어획물의 약 50% 정도가 미성어들이다. 연도별 성어비율과 생태계별 어획량을 가중평균하여 생태계별 성어비율을 추정하였다 (Fig. 5). 동해생태계의 성어비율은

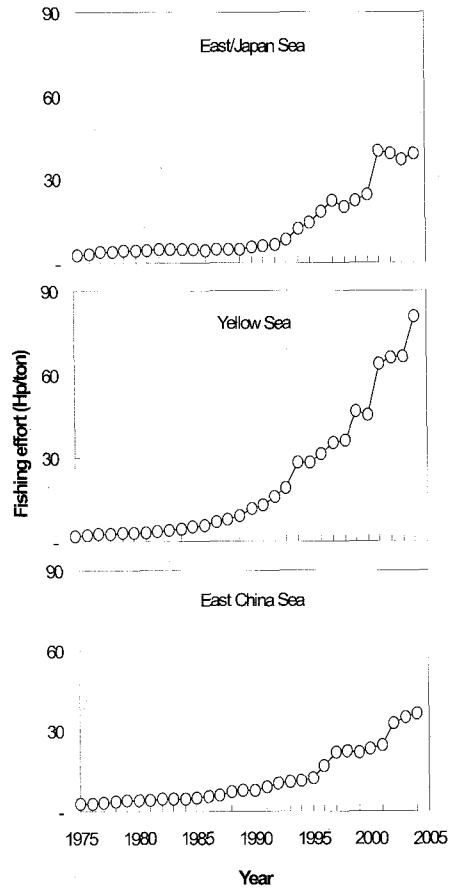


Fig. 3. Fishing efforts (Hp/ton) by three ecosystems in Korean waters, 1975-2004.

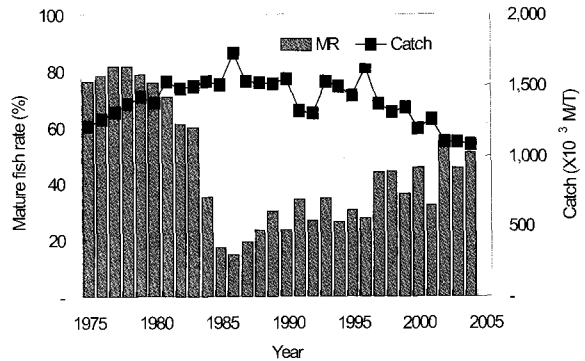


Fig. 4. Variations of annual mature fish rate (bar) and catch (square) in Korean Waters, 1975-2004.

어획량 비중이 높은 오징어의 증감에 따라 변화하였다. 1981년까지 성어비율이 약 80% 이상이였지만 오징어와 말쥐치, 멸치 등의 성어비율 감소로 인해 1980년대 중반에는 30-40% 수준으로 감소하였다. 1980년대 중반 이후 오징어의 증감으로 인해 성어비율도 증감을 보이면서 조금씩 상승하는 추세이다. 황해생태계의 성어비율은 1976년 약 65%였으나 계속 감소하

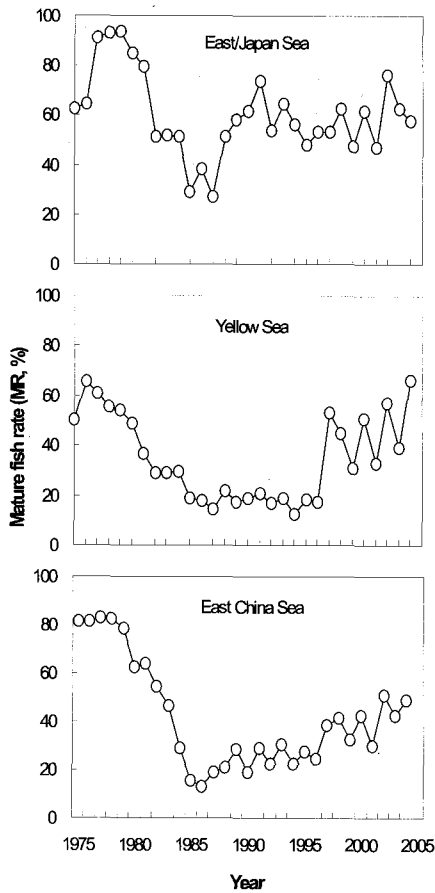


Fig. 5. Mature fish rate (%) by ecosystem in Korean waters, 1975-2004.

여 1986년에는 20%까지 감소하여 1990년대 중반까지 20%를 유지하다가 1997년부터 증감을 반복하면서 증가하는 경향을 보였다.

이러한 증가는 황해생태계 내에서 상대적으로 어획량 비중이 큰 멸치의 성어비율과 어획량 변동때문인 것으로 분석되었다. 남해생태계는 우리나라 연근해어업 어획량을 대표하는 생태계로서 성어비율은 1979년까지는 80% 수준을 유지하다가 쥐치, 정어리의 성어비율 감소로 인해 1986년에는 약 15% 수준까지 감소하였다. 1980년대 중반이후 성어비율의 증가는 고등어, 멸치, 오징어 등의 성어비율의 증가와 함께 어획량이 증가하였기 때문이다.

잠재재생산 지수

잠재재생산 지수는 우리나라 연근해어업의 양적인 변동과 질적인 변동을 함께 고려한 생태계 지표이다. 1975년부터 2004년까지 생태계별 어획량, 성어 비율 그리고 어획노력량(Hp/ton)을 식(4)에 대입하여 우리나라 연근해 생태계의 잠재재생산 지수를 추정한 결과, 모든 생태계에서 감소하는 것으로 나타났고, 그 중에서 황해생태계가 가장 심각한 것으로 나타났다(Fig. 6). 동해생태계는 1980년대 중반부터 어획량과

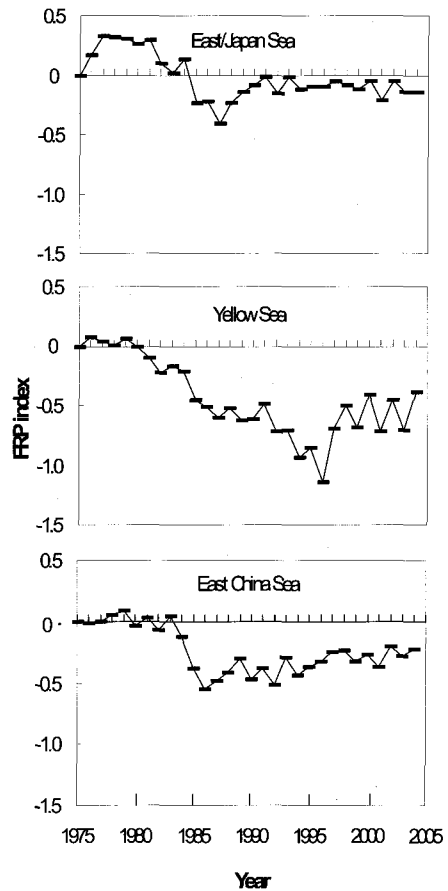


Fig. 6. Annual variations in fish-reproduction-potential (FRP) index of three ecosystems in Korean waters, 1975-2004.

성어 비율의 감소로 인하여 잠재재생산력이 감소하였다가 1990년대에 어획량과 성어 비율이 다소 회복하는 듯 하였으나 어획노력량의 증가로 잠재재생산력은 계속해서 감소하는 추세를 보였다. 황해생태계는 1975년부터 1996년까지 어획량과 성어비율이 감소함에 따라 잠재재생산력이 급격하게 감소하였고, 1996년 이후 멸치와 오징어의 성어비율 증감에 따라 다소 회복하는 추세였으나 동해생태계와 마찬가지로 어획노력량의 과잉 증가로 잠재재생산력이 여전히 낮은 수준이다. 마지막으로 남해생태계는 1980년대 중반까지 어획량이 증가한 반면 성어비율의 지속적인 감소로 잠재재생산력이 평형상태를 유지하였지만 1980년대 중반부터 어획량의 증가에도 불구하고 성어비율의 감소와 어획노력량의 증가로 인해 잠재재생산력이 감소한 후 최근까지 정체된 상황이다.

고 찰

우리나라 수산업법이 1953년에 제정·공포되어 다음 해인 1954년부터 공식적인 연근해어업이 시작되었으나 1960년대 말까지는 어로기술의 한계, 소형 선박, 어장의 미개발 등으로 인해 어획량이 약 53만 톤이었다. 하지만 1975년 대형선망의

도입과 어로기술의 발달, 어장개발 등으로 연근해어업이 본격적으로 시작되었고, 어획량은 증가하여 약 120만 톤을 기록하였다. 어선세력(척수, 톤수, 마력수)의 지속적인 증가와 어로기술의 발달 등으로 1986년에는 약 170만 톤의 최고치를 기록하였으나 그 후 어획량은 감소하기 시작하여 2004년에는 약 110만 톤을 어획하였다. 어획물의 성어비율이 80% 이상이었으며 어획량이 최근(2004년)과 비슷한 1975년을 기준시점으로 정하여 산란에 참여할 수 있는 성어비율, 어획량, 그리고 어획노력량을 이용하여 새로운 생태계 지표인 잠재재생산 지수(FRP index)를 개발하여 각 생태계별로 성어들의 번식력, 즉 잠재재생산력 변동을 추정하였고, 현재의 잠재재생산력이 1975년에 비해 얼마나 증가 혹은 감소하였는지를 규명하였다.

우리나라 연근해어업의 어획량을 생태계별로 구분할 때 실제 어획된 장소를 근거로 해서 구분해야하나 위판된 시도별로 구분하다 보니 남해생태계의 평균 어획량이 동해보다 4.5배, 황해보다 6.5배나 많은 것으로 나타나 전체 어획량의 약 70%를 차지하였다.

일반적으로 어획노력량을 나타낼 때 어선세력(척수, 톤수, 마력수) 중에서 어선마력(Hp)을 이용하나 본 연구에서는 어선마력 한 항목만을 이용하기 보다는 어선톤수, 즉 어선 크기의 증가를 함께 고려하여 톤당 마력(Hp/ton)을 어획노력량으로 간주하여 잠재재생산 지수를 추정하는데 사용하였다.

우리나라 연근해 어획물의 성어비율, 어획량, 그리고 어획노력량을 이용하여 추정한 잠재재생산력은 동해생태계와 남해생태계가 1980년대 초반부터 감소하기 시작하였고, 황해생태계는 1970년대 중반부터 급격히 감소하기 시작하였다. 그 이유는 우리나라 연근해어업이 1980년대 중반 약 170만 톤으로 어획량 최고 기록을 나타내었지만 어획물의 체장조성을 살펴볼 때 산란에 한 번도 참여하지 못한 미성어 비율이 약 80%를 차지하였기 때문에 잠재재생산력이 감소한 것이다. 1980년대 중반 이후 어획량의 감소는 계속되는 높은 수준의 미성어 남획이 산란에 참여할 수 있는 성어자원으로의 가입을 감소시켰기 때문이라 생각된다.

최근 수산 선진국에서는 생태계 지표의 하나인 Pauly의 어업균형지수(FIB index)를 추정하여 생태계의 변동을 파악하고 있다. 어업균형지수는 연도별 어획량과 연도별 영양단계를 이용하여 추정한다. 우리나라 연근해 생태계, 즉 동해, 황해, 남해생태계의 추정된 영양단계(Zhang and Lee, 2004)와 어획량을 이용하여 Pauly et al. (2000)의 어업균형지수(FIB index)에 적용한 결과 동해생태계와 남해생태계는 양호한 수준을 유지하였으나 황해생태계는 급격히 감소하는 것으로 나타나 본 연구에서 추정한 잠재재생산 패턴과 비슷하였다(Fig. 7). 하지만 본 연구에서 추정한 잠재재생산 지수는 모든 생태계에서 어업균형지수보다 낮게 나타났다. 어업균형지수를 추정하기 위해서는 정확한 먹이식성에 관한 정보가 필요한데, 그러한 자료가 없을 경우 먹이조성 비를 가정하여 추정할 수밖에 없고 결국 오차를 수반하게 되어 과잉 추정될 수 있는 문제점

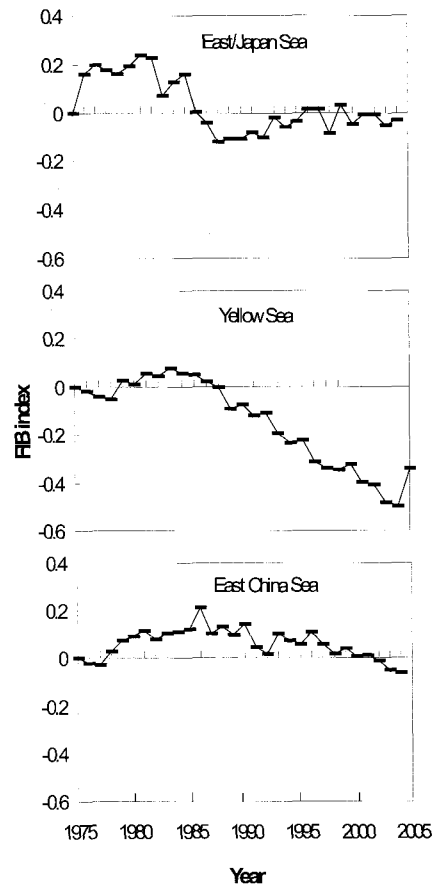


Fig. 7. Annual variations in fishery-in-balance (FIB) index of three ecosystems in Korean waters, 1975-2004.

이 있다. 반면 잠재재생산지수는 어획물의 체장조성 자료를 사용하기 때문에 자료 수집이 용이하고 어획물의 양적·질적인 변동을 수시로 추정 및 확인할 수가 있기 때문에 더 합리적이고 편리한 방법이라 생각된다.

고갈된 우리나라 연근해 수산자원의 회복을 위해서는 생태계를 기반으로 하는 자원관리가 필요하며, 연근해 생태계 자원량이나 어획량의 변동과 같은 양적인 측면에서만 볼 것이 아니라 양적·질적인 면을 함께 고려하는 생태계 지표(ecosystem indicator)를 개발하여 자원관리에 실용적으로 이용해야 할 필요가 있다.

사 사

본 연구는 수산특정 연구개발 과제인 “생태계 기반 자원관리 시스템 개발 연구”의 연구비 지원을 받아 수행되었습니다.

참 고 문 헌

Gislason, H., M. Sinclair and K. Sainsbury. 2000. Symposium overview: incorporating ecosystem objectives within fisheries management. ICES J. Mar. Sci., 57, 468-475.

KREI (Korea Rural Economic Institute). 1987. Improve-

- ment plan of statistical research on inland fishery production. Moon-Hwa Publ. Co., Seoul, pp. 120.
- Lee, J.B., C.I. Zhang, D.W. Lee, J.H. Choi, S. Kang and Y.S. Kim. 2005. Identifying spatio-temporal variations in the East/Japan Sea ecosystem using a neural network pattern recognition approach. In: Proceedings of Symposium on GLOBEC International Seminar on Climate Variability and Sub-Arctic Marine Ecosystems, p. 53-54.
- Livingston, P.A., K. Aydin, J. Boldt, J. Ianelli and J. Jurado-Molina. 2005. A framework for ecosystem impacts assessment using an indicator approach. ICES J. Mar. Sci., 62, 592-597.
- Milessi, A.C., H. Arancibia, S. Neira and O. Defeo. 2005. The mean trophic level of Uruguayan landings during the period 1990-2001. Fish. Res., 74, 223- 231.
- MOMAF (Ministry of Maritime Affairs and Fisheries). 1975-2004. Korean Fisheries Yearbook. Ministry of Maritime Affairs and Fisheries, Korea.
- NFRDI (National Fisheries Research and Development Institute). 1975-2004. The Fisheries Resources Sampling Yearbooks. Vol. 7-11.
- NFRDI (National Fisheries Research and Development Institute). 2005. Commercial Fishes of the Coastal and Offshore Waters in Korea. National Fisheries Research and Development Institute. Ye-Moon Publ. Co., Busan, pp. 397.
- Pauly, D., V. Christensen and C. Walters. 2000. Ecopath, ecosim, and ecospace as tools for evaluating ecosystem impact of fisheries. ICES J. Mar. Sci., 57, 697-706.
- Pauly, D., V. Christensen, J. Dalsgaard, R. Froese and F. Torres Jr. 1998. Fishing down marine food webs. Science, 279, 860-863.
- Vivekanandan, E., M. Srinath and S. Kuriakose. 2005. Fishing the marine food web along the Indian coast. Fish. Res., 72, 241-252.
- Zhang, C.I. 2002. Prospect of ecosystem-based fisheries resource management. J. Kor. Soc. Fish. Res., 5, 73-90.
- Zhang, C.I. and S.K. Lee. 2004. Trophic levels and fishing intensities in Korean marine ecosystems. J. Kor. Soc. Fish. Res., 6, 140-152.

2006년 4월 7일 접수
2007년 2월 27일 수리