

# 시스템 생태학적 접근법에 의한 넙치생산의 지속성 평가

## I. 넙치생산에 대한 EMERGY 분석

김남국 · 손지호 · 김진이 · 이석모  
부경대학교 환경공학과

# Evaluation of Sustainability for Olive Flounder Production by the Systems Ecology

## I. EMERGY Analysis of Olive Flounder Production

Nam Kook KIM, Ji Ho SON, Jin Lee KIM and Suk Mo LEE  
Department of Environmental Engineering, Pukyong National University,  
Pusan 608-737, Korea

Olive flounder is one of the most important aquaculture species in Korea. Interest in the aquaculture of olive flounder has increased recently because of its good growth characteristics and high market price. However, the productivity of olive flounder aquaculture depends on economic inputs such as fuels, facilities, and labor. In this study, EMERGY concepts was used to compare the environment and economy of two olive flounder production methods, fishing fisheries and aquaculture, and to evaluate the sustainability of olive flounder production. EMERGY spelled with an "m" is a universal measure of real wealth of the work of nature and society made on a common basis. Calculations of EMERGY production and storage provide a basis for making choices about environment and economy following the general public policy to maximize real wealth, production and use. EMERGY flows from environment were 94.13% for olive flounder fishing fisheries, and 2.20% for aquaculture. EMERGY yield ratio, environmental loading ratio and sustainability index were 17.05, 1.02 and 274 for fishing fisheries and 0.06, 44.41 and 0.023 for aquaculture, respectively. These ratios indicate that the fishing fisheries will yield more net EMERGY, while the aquaculture requires a lower investment of EMERGY.

Key words: Olive flounder, Fishing fisheries, Aquaculture, EMERGY, Sustainability

### 서 론

흔히 '광어'라고 일컫는 넙치 (*Paralichthys olivaceus*)는 우리나라의 해산어류 중 가장 경제성이 높은 어류 중의 하나이다. 우리나라의 넙치생산은 그동안 주로 자연산의 어획에 의존하였으나, 1990년대부터는 양식기술의 발달로 생산의 대부분이 양식에 의해 이루어지고 있다. 특히 인공증묘생산이 가능하고 먹이효율이 높아 성장속도가 빠르며 소비수요마저 커서 각광받는 산업으로 그 보급이 전국적으로 확대되는 추세이다.

그러나, 넙치 양식산업은 자연산의 어획에 비해 양식시설과 전력 등의 에너지 자원과 사료와 같은 경제적 요인에 의존할 수 밖에 없는 실정이며, 양식시설로부터의 배출수는 해안환경의 오염마저 유발하여 다른 수산업에도 영향을 미치고 있다. 따라서 자연산 넙치와 넙치 양식산업에 기여하는 자연환경과 인간경제활동을 비교 분석하고 기르는 어업인 양식산업 정책방향에 대하여 과학적인 평가를 해야 할 필요성이 대두되고 있어, 이에 대한 연구가 필요한 실정이다. 그러므로 넙치생산의 지속성에 대하여 시스템 분석적인 측면에서 접근하여 현실과악과 대안을 제시해야만 한다.

시스템 분석은 자연과 인간 시스템의 역할을 지배하고 있는 기본 원리를 탐구하는 것이며 이를 통하여 시스템의 구조를 분석하고 예상되는 여러 변화에 시스템이 어떻게 운영되어 나갈 것인지를 예측하는 데 이용된다. EMERGY 분석법은 시스템 분석의 원리를 이용하여 자연환경과 경제활동을 동일한 척도로 평가할 수 있기 때문에 환경문제와 경제정책의 통합연구가 가능하며 공공정책에 대한 과학적 근거를 제공할 수 있다. 자연환경의 역할과 인간경제활동을 하나의 시스템으로 파악하는 시스템 생태학적 접근법은 많은 연구자들에 의해 활발히 사용되고 있는데, Odum (1996)은 1962년 이후 에너지 언어를 생태계 시스템의 분석, 합성, 그리고 시뮬레이션에 이용하고 있으며, 자연환경의 역할과 인간경제활동을 하나의 시스템에서 동일한 가치 척도로 비교하는 EMERGY 개념을 이용하여, 농업, 임업 그리고 수산업의 기여도, 국가의 자연환경과 경제활동에 대한 통합 평가, 국가간 무역의 EMERGY 손익평가 등에 대한 연구 결과를 발표하였다. 국내에서는 EMERGY 분석법을 통한 한국의 자연환경과 경제활동의 평가 (Lee and Odum, 1994) 및 수산업 (Son et al., 1996)과 양식업 (Eum et al., 1996)에 대한 EMERGY 평가를 수행하였다.

본 연구는 넙치생산활동에 기여하는 자연환경의 실질적인 가치와 인간경제 시스템에 대한 기여도를 EMERGY 분석법으로 평가하고, 이를 기초로 넙치생산의 지속적인 발전방향을 제시하고자 한다.

\*Corresponding author: namkook@mail1.pknu.ac.kr

재료 및 방법

1. 시스템 경계의 설정

넙치의 생산은 경제적인 요인과 환경적인 요인이 결합된 시스템으로, 시스템 분석을 위해서 넙치생산에 이용되는 자연환경 자원과 경제적인 요인으로 구분하여 경계를 설정한다. 자연산 넙치에 대한 자연환경적인 경계로는 넙치가 우리나라 전 연안과 일본, 중국연안, 남중국해에 분포하고 있는 것을 고려하여 (국립수산진흥원, 1998) 어로한계선 아래의 전관수역을 포함한 동해 103,933 km<sup>2</sup> 중 대륙붕 20,787 km<sup>2</sup>, 황해 151,113 km<sup>2</sup>, 남해 40,038 km<sup>2</sup>, 동중국해 65,213 km<sup>2</sup>를 합한 2.77×10<sup>11</sup> m<sup>2</sup>를 경계로 설정하였다 (국립수산진흥원, 1993). 양식의 경우, 넙치의 양식방법은 해상가두리식과 축계식 그리고 육상수조식 세 가지로 대별할 수 있는데, 현재 넙치 양식의 주류를 이루고 있는 육상수조식을 조사대상으로 삼았으며 (Park and Uh, 1993), 시간적인 경계로는 1995년의 통계 자료를 이용하였다.

2. 에너지 시스템 다이어그램 작성

Odum이 제안한 에너지 시스템 언어를 이용하여 넙치생산 시스템의 자연환경과 경제활동의 생산, 소비, 재순환 등을 전체적으로 파악 (top-down)하기 위해서 다이어그램을 작성하였다.

다이어그램의 작성 절차는 대상 시스템의 경계를 설정하고, 시스템 외부로부터의 주요 에너지원, 그리고 대상 시스템 내의 생산, 소비, 재순환 과정을 파악한 다음 이들에 대한 목록을 작성하였다. 이 목록을 토대로 외부 에너지원과 내부의 각 요소를 배치하고 에너지, 물질 및 화폐의 흐름에 따라 에너지 시스템 언어의 각 기호를 연결하였다.

3. EMERGY 분석

3.1. EMERGY

EMERGY는 한가지의 상품이나 용역을 생산하기 위하여 직·간접적으로 이용된 모든 에너지를 평가하기 위한 가치척도이다. 지구 순환과정에서 각 에너지원은 다량의 저급에너지로부터 소량의 고급에너지로 전환되는 계층 구조를 가지고 있으므로 물리적으로 같은 크기의 에너지라도 실질적으로 일을 할 수 있는 능력에는 차이가 있다. 이러한 차이를 지구생산활동의 원동력인 태양에너지를 기준으로 동일한 척도로 평가하기 위하여 각기 다른 형태의 재화와 용역이 형성되기까지 직·간접적으로 소모된 태양 에너지를 solar EMERGY라고 정의한다.

3.2. Transformity

EMERGY는 각 에너지원에 내재된 태양에너지에 대한 척도이며, 이를 계산하기 위해 시스템 내에서 태양에너지로부터의 전환 정도를 나타내는 solar transformity가 사용된다. 이는 에너지질의 척도로 어떤 형태의 에너지 1 joule을 만들기 위해서 직·간접적으로 소모된 태양에너지 양으로 정의되며, 단위는 solar emjoules per joule (sej/j)로 표현된다. Transformity는 에너지 변환의 계층 구조를 따라 진행하면서 점차적으로 증가되며, 에너지 계층구조 내의 에너지 흐름이나 보유량에 대한 질의 척도로 이용된다.

3.3. EmDollar

EMERGY를 화폐단위로 환산한 것으로 경제적 생산을 위하여 소모된 총 EMERGY와 생산된 화폐가치와의 비를 이용하여 계산한다. 이 가치는 단순한 화폐가치가 아니라 과학적 척도로서 실질적인 부를 평가하는 EMERGY에 기초한 거시경제적 가치이다.

3.4. EMERGY 분석표 작성

넙치생산활동을 가능케 하는 외부에너지원인 자연환경과 경제활동이 가지는 실질적인 역할과 가치를 동일한 척도로 평가하기 위해서 Table 1과 같은 형식의 EMERGY 분석표를 작성하였다.

먼저, 넙치생산 시스템의 자연환경과 인간경제활동을 가능케 하는 외부의 주요 에너지원을 기입하고, 에너지원이 가지는 실제 에너지, 물질 또는 화폐 단위의 값을 기입한다. 다음으로 주요 에너지원에 대한 solar transformity와 재화 및 용역에 대한 EMERGY 화폐비를 구한 후 주요 에너지원이 가지는 실제 값에 solar transformity 또는 EMERGY 화폐비를 곱하여 EMERGY 값을 계산한다. 마지막으로 주요 에너지원의 EMERGY 값을 EMERGY 화폐비로 나누어 거시경제적 가치 (macroeconomic value)를 산출한다.

Table 1. Tabular format for EMERGY analysis of olive flounder production

Note	Item	Data Units (J, g, or \$)	Solar Transformity (sej/unit)	Solar EMERGY (sej/yr)	Macroeconomic value (Em \$)
(one line here for each source, process, or storage of interest)					

3.5. EMERGY 지표 계산

EMERGY 분석에서 구한 EMERGY 값을 기초로, 자연산 넙치 생산과 넙치양식산업 시스템을 비교하고, 특성을 파악하기 위해서 Fig. 1과 같이 EMERGY 지표들을 계산하였다.

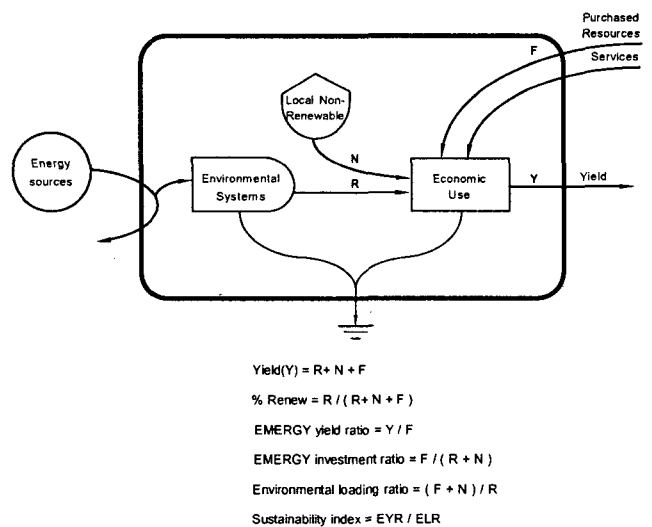


Fig. 1. EMERGY based indices, accounting for local renewable EMERGY inputs (R), local nonrenewable inputs (N), and purchased inputs from outside the system (F).

시스템에 유입되는 EMERGY를 강우 및 지구활동에 의한 영속성 에너지원의 EMERGY (R)와 시스템 내부의 비영속성 보유에너지원의 EMERGY (N), 그리고 경계밖으로부터 유입되는 화석연료, 전기, 그리고 각종 재화와 용역의 EMERGY (F)로 구분하여 EMERGY 지표들을 계산하였다.

**결과 및 고찰**

**1. 넙치생산에 대한 EMERGY 평가**

**1.1 자연산 넙치생산의 시스템 분석**

자연산 넙치생산의 자연환경과 경제활동에 대한 에너지 시스템 다이어그램은 Fig. 2와 같다. 시스템 외부로부터는 자연환경활동에서 기인한 태양, 바람, 조석과 파도, 비와 같은 영속성 에너지원과 어업활동을 위한 연료, 선박, 재화와 용역이 유입된다.

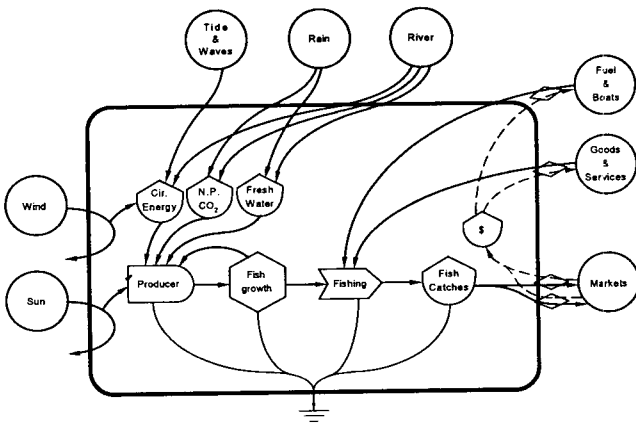


Fig. 2. Energy systems diagram of olive flounder fishing fisheries.

시스템 내부에서는 자연활동으로부터 유입되는 태양, 바람, 조석 등을 이용하여 생산자인 식물플랑크톤이 성장하고, 먹이사슬을 통해 성장한 넙치는 연료와 재화와 용역을 투입한 어업활동을 통해 어획된다.

**1.2 넙치 양식산업의 시스템 분석**

넙치 양식산업의 자연환경과 경제활동에 대한 에너지 시스템 다이어그램은 Fig. 3과 같다. 시스템 외부로부터는 자연환경활동에서 기인한 해수, 치어와 같은 영속성 에너지원과 경제활동을 통한 사료, 전기, 노동력, 재화와 용역 등이 유입되어 넙치생산이 이루어진다.

**2. EMERGY 분석결과**

**2.1 자연산 넙치생산의 EMERGY 분석결과**

자연산 넙치생산에 대한 EMERGY 분석을 실시한 결과는 Table 2, Fig. 4와 같다. EMERGY 분석을 통한 각 에너지원의 실질적인 기여 측면에서 살펴보면, 자연산 넙치생산은 자연환경활동에

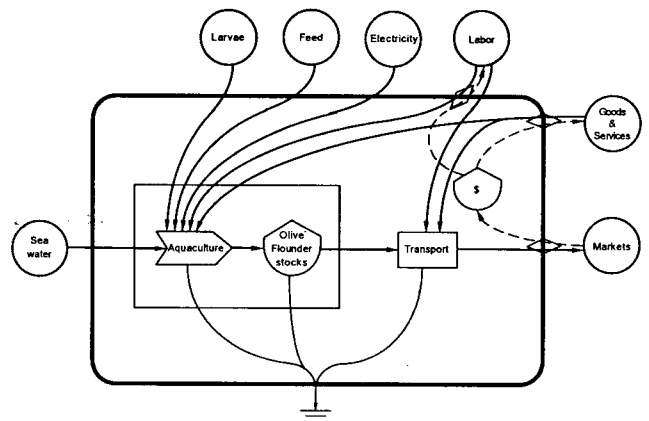


Fig. 3. Energy systems diagram of olive flounder aquaculture.

Table 2. EMERGY evaluation of resource basis for olive flounder fishing fisheries

Note	Item	Data Units (J, g, or \$)	Solar Transformativity (sej/unit)	Solar EMERGY (sej/yr)	EmDollars 1995 (\$/yr)
<b>ENVIRONMENTAL INPUT:</b>					
1	Sunlight	4.80 E17 J	1	4.80 E17	2.25 E08
2	Wind	1.92 E14 J	1496	2.88 E17	1.35 E08
3	Rainfall, chemical	7.87 E14 J	15444	1.22 E19	5.71 E09
4	Tide	1.33 E14 J	23564	3.13 E18	1.47 E09
5	Waves	1.36 E14 J	25889	3.53 E18	1.66 E09
6	River chemical potential	1.63 E14 J	41068	6.70 E18	3.15 E09
7	River total N (g)	2.52 E08 g	9.00 E08*	2.27 E17	1.06 E08
8	River total P (g)	2.32 E07 g	8.10 E09*	1.88 E17	8.81 E07
9	River Organic load (COD)	7.71 E11 J	62400*	4.81 E16	2.26 E07
<b>PURCHASED INPUT:</b>					
10	Boats-fuel used	1.37 E13 J	66000	9.06 E17	4.25 E08
11	Boats-Goods & Services	2.81 E05 \$	1.65 E12	4.64 E17	2.18 E08
<b>OUTPUT</b>					
12	Total olive flounder produced	8.33 E12 J	2.80 E06	2.34 E19	1.10 E10

\* Odum H.T. and J.E. Arding. 1991.

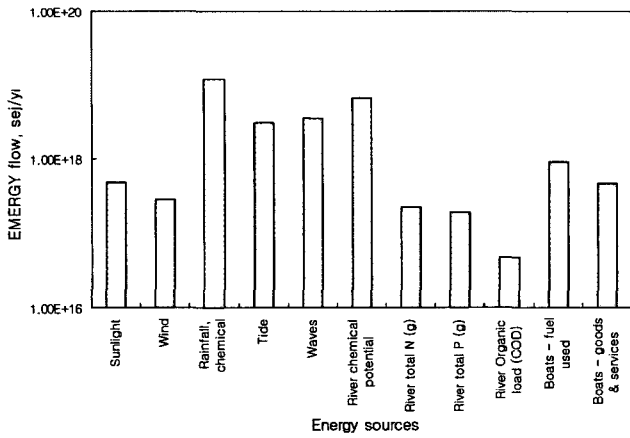


Fig. 4. EMERGY signature of each energy source for olive flounder fishing fisheries.

서 기인한 에너지원의 경우, 태양에너지로부터 4.80 E17 sej/yr, 바람으로부터 2.88 E17 sej/yr, 비로부터 1.22 E19 sej/yr, 조석으로부터 3.13 E18 sej/yr, 파도로부터 3.53 E18 sej/yr, 하천으로부터 7.16 E18 sej/yr가 유입되고 있어 비, 하천, 파도, 조석, 태양, 바람 순으로 실질적인 기여도가 평가되었다. 경제활동에 필요한 에너지원의 경우는 어업활동을 위한 선박의 유류 사용이 9.06 E17 sej/yr, 재화와 용역이 4.64 E17 sej/yr가 유입되고 있어, 유류, 재화와 용역 순으로 실질적인 기여를 나타내는 것으로 평가되었다. 그리고 각 에너지원을 영속성 에너지, 비영속성 에너지원인 화석연료, 그리고 재화와 용역으로 구분할 경우, 자연환경 자원으로 부터의 영속성 에너지원은 94.13%, 화석연료는 3.88%, 재화와 용역의 경우는 1.99%의 EMERGY 기여를 나타내었다 (Fig. 5).

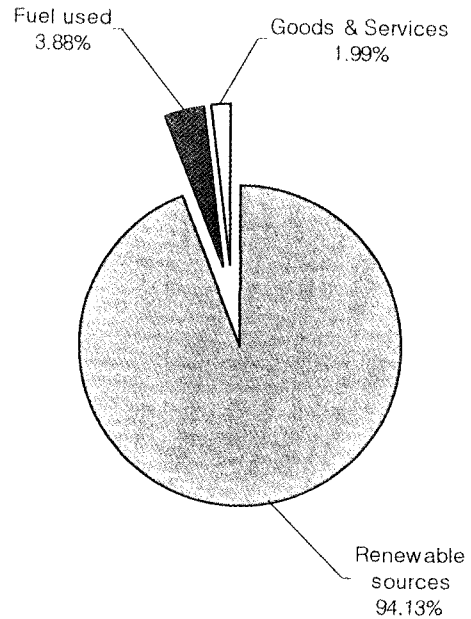


Fig. 5. Contribution of EMERGY from renewable sources, fossil fuel, and goods & services for olive flounder fishing fisheries.

2.2 넙치 양식산업의 EMERGY 분석결과

넙치 양식산업에 대한 EMERGY 분석을 실시한 결과는 Table 3, Fig. 6과 같다. 넙치 육상양식은 자연환경활동에서 기인한 에너지원의 경우, 해수로부터 9.50 E16 sej/yr, 치어로부터 8.75 E14 sej/yr가 유입되고 있어 해수, 치어 순으로 실질적인 기여도가 평가되었다. 경제활동에 필요한 에너지원의 경우는 양식활동을 위한

Table 3. EMERGY evaluation of resource basis for olive flounder aquaculture

Note	Item	Data Units (J, g, or \$)	Solar Transformity (sej/unit)	Solar EMERGY (sej/yr)	EmDollars 1995 (\$/yr)
<b>ENVIRONMENTAL INPUT:</b>					
1	Pumped sea waters	6.15 E12 J	1.54 E04	9.50 E16	4.46 E07
2	Post-larvae	9.60 E04 ind.	9.11 E09	8.75 E14	4.11 E05
<b>PURCHASED INPUT:</b>					
3	Complex feed	3.37 E11 J	1.40 E05 <sup>1)</sup>	4.72 E16	2.22 E07
4	Living feed	2.09 E12 J	1.10 E06 <sup>2)</sup>	2.30 E18	1.08 E09
5	Electricity	6.62 E12 J	2.00 E05	1.32 E18	6.21 E08
6	Labor	9.14 E04 \$	1.65 E12	1.51 E17	7.08 E07
7	Goods & Services	2.65 E05 \$	1.65 E12	4.38 E17	2.06 E08
<b>OUTPUT:</b>					
8	Total olive flounder produced	2.51 E11 J	1.74 E07	4.35 E18	2.04 E09

<sup>1)</sup> Complex feed: Complex feed used = 2.22 E07 won/yr  
 Dollars = 774.7 won/\$  
 Costs = 2.86 E04 \$/yr

2.86 E04 \$/yr × 1.65 E12 sej/\$ = 4.72 E16 sej/yr  
 Transformity (sej/J) = (4.72 E16 sej/yr) / (3.37 E11 J/yr) = 1.40 E05 sej/J

<sup>2)</sup> Brown M.T., R.D. Woithe, H.T. Odum, C.L. Montague and E.C. Odum. 1993. EMERGY analysis perspectives of the EXXON VAL-DEZ oil spill in prince william sound, ALASKA, 99p.

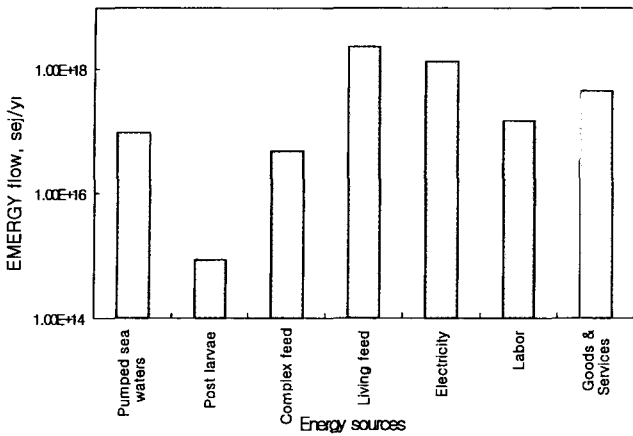


Fig. 6. EMERGY signature of each energy source for olive flounder aquaculture.

사료 2.35 E18 sej/yr, 전기사용이 1.32 E18 sej/yr, 노동력이 1.51 E17 sej/yr, 그리고 재화와 용역이 4.38 E17 sej/yr 유입되고 있어, 사료, 전기, 재화와 용역, 노동력 순으로 실질적인 기여를 나타내는 것으로 평가되었다. 그리고 각 에너지원을 자연환경활동에서 기인한 영속성 에너지와 넘치생산을 위해 필요한 사료, 전기, 노동력, 재화와 용역 등 경제활동으로부터의 구매자원으로 구분할 경우, 자연환경자원으로부터의 영속성 에너지원은 2.20%, 구매자원의 경우는 97.8%의 EMERGY 기여를 나타내었다 (Fig. 7). 이러한 결과는 자연산 넘치생산의 경우 자연환경 에너지원에 의한 의존도가 높으며, 양식산업의 경우는 화석연료를 비롯한 인간의 경제적인 활동에 의한 의존도가 매우 높은 특성을 나타내고 있는 것으로 판단된다.

3. EMERGY 지표를 통한 넘치생산의 지속성 평가

1995년의 EMERGY 분석표를 이용하여 자연산 넘치와 양식산업에 대한 EMERGY 지표를 계산한 결과는 Table 4와 같으며, 다른 산업과의 비교 자료는 Table 5와 같다.

자연환경 에너지원의 EMERGY 점유율(% Renew)은 자연산 넘치생산의 경우 94.13%로 자연환경의 의존도가 높은 구조적인 특성을 잘 반영하고 있다. Table 5와 같이 오렌지 생산 28.82%, 목축 23.23%, 임업 41.82%, 그리고 한국의 경우 5%로 보고되고 있으며, 넘치 양식산업의 경우 2.20%에 불과하여 화석연료를 비롯한 외부에너지에 대한 의존도가 높은 산업적 특성을 나타내며 한국의 경제활동에 대한 평균보다도 낮게 나타났다.

생산의 효율성과 자원의 가치를 나타내는 EMERGY 생산비(EYR)는 각 에너지원이 생산되기까지 이용된 EMERGY 양에 대해 생산된 EMERGY의 비로서 계산된다. 석유, 석탄과 같은 1차 에너지원의 경우에는 EMERGY 생산비가 5 이상이며, 철강, 시멘트와 같은 2차 에너지원의 경우에는 EMERGY 생산비가 2에서 5 사이의 범위이며, EMERGY 생산비가 2보다 낮은 경우에는 자원의 가치보다는 소비재의 성격을 가진다 (Brown, 1997). 즉 EMERGY 생산비는 자원 생산의 시스템에서 효율 (efficiency)을 평가하는데 이용될 수 있다. 넘치 양식산업의 경우 EMERGY 생산

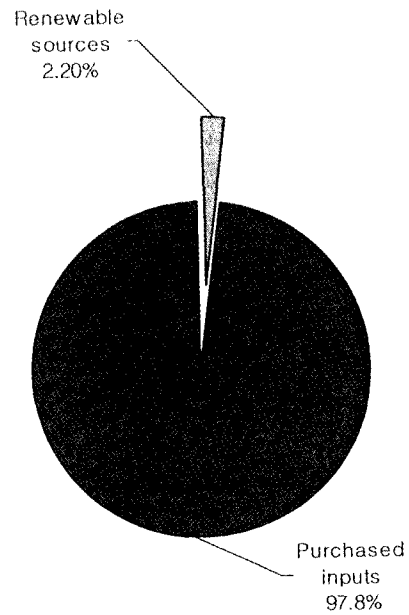


Fig. 7. Contribution of EMERGY from renewable sources and purchased inputs for olive flounder aquaculture.

Table 4. A comparison of EMERGY indices of olive flounder fishing fisheries and aquaculture

Name of Index	Expression	Fishing fisheries	Aquaculture	Unit
Renewable EMERGY flow	R	2.20 E19	9.59 E16	sej/yr
Flow of imported EMERGY	F	1.37 E18	4.26 E18	sej/yr
Total EMERGY inflows	R+F	2.34 E19	4.35 E18	sej/yr
Total EMERGY used, U	U=R+F	2.34 E19	4.35 E18	sej/yr
% Renew	(R/U)×100	94.13	2.20	
EMERGY Yield ratio (EYR)	U/F	17.05	1.02	
EMERGY investment ratio (EIR)	F/R	0.06	44.41	
Environment loading ratio (ELR)	F/R	0.06	44.41	
Sustainability Index (SI)	EYR/ELR	274	0.023	

비는 1.02로 자연산 넘치생산 17.05, 오렌지 생산 1.41, 목축 1.30, 임업 2.48, 한국의 EMERGY 생산비 1.23에 비하여 가장 낮은 생산비 값을 보이고 있어 전체 경제에 대한 기여도가 낮게 평가되었다.

자연환경에 대한 인간경제활동의 비를 나타내는 EMERGY 투자비 (EIR)는 자연산 넘치생산 0.06, 오렌지 생산 2.45, 목축 3.31, 임업 1.39 그리고 한국의 4.35에 비하여 넘치 양식생산의 EMERGY 투자비는 44.41로서 인간경제활동에 의존하고 있는 것으로 평가되었다. 영속성 자원에 대한 비영속성 자원의 비인 환경부하비 (ELR)는 2보다 적을 경우에는 환경적 영향이 적은 시스템으로 평가하고 있으며, 반면 10 이상의 값을 나타낼 경우에는 상대적으로 환경에 대한 영향이 큰 시스템으로 평가하고 있고, 3과 9 사이에서는 환경에 대한 영향이 온건한 것으로 파악하고 있다 (Brown, 1997). Table 4와 같이 넘치 양식산업의 경우, 상대적으로 자연환경에 대한 경제적인 개발과 투자가 적은 자연산 넘치생산과 Table 5에서의 같이 농업, 축산업, 임업, 한국에 비해 화석연료를 비롯한

Table 5. EMERGY indices of other industries and Korea

Name of Index	Expression	Orange production <sup>1)</sup>	Cattle production <sup>2)</sup>	Pine plantation <sup>3)</sup>	Korea <sup>4)</sup>	Unit
Renewable EMERGY flow	R	1.00 E15	3.02 E15	5.06 E14	3.63 E22	sej/yr
Flow from indigenous non-renewable reserves	N	5.00 E13	—	2.14 E14	1.08 E23	sej/yr
Flow of imported EMERGY	F	2.57 E15	9.99 E15	4.87 E14	6.28 E23	sej/yr
Total EMERGY inflows		3.62 E15	1.30 E16	1.21 E15	7.73 E23	sej/yr
Total EMERGY used	U	3.62 E15	1.30 E16	1.21 E15	7.73 E23	sej/yr
% Renew	(R/U)×100	28.62	23.23	41.82	5.00	
EMERGY Yield ratio (EYR)	U/F	1.41	1.30	2.48	1.23	
EMERGY investment ratio (EIR)	F/(R+N)	2.45	3.31	0.68	4.35	
Environment loading ratio (ELR)	(F+N)/R	2.62	3.31	1.39	20.30	
Sustainability Index (SI)	EYR/ELR	0.54	0.39	1.78	0.06	

1) <http://www.enveng.ufl.edu/homepp/brown/syseco/tables.htm>  
 2) Brown et al., 1992.  
 3) Odum, H.T. 1996.  
 4) Suk Mo Lee, Ji Ho Son and Dae Sok Kang, 2000.

비영속성 EMERGY가 많이 투입되어 환경부하율이 높고, 자연환경에 대한 압박이 큰 시스템으로 평가되었다.

EMERGY의 생산성 (EYR)과 환경압박의 비 (ELR)로 계산되는 지속성 지수 (SI)는 넙치 양식산업이 0.023으로, 자연산 넙치 생산의 지속성 지수 (SI) 274, 오렌지 생산 0.54, 목축 0.39, 임업 1.78, 그리고 한국의 0.06에 비해 생산의 지속성도 훨씬 낮은 것으로 평가되었다.

### 요 약

넙치생산의 지속성을 평가하기 위하여 시스템 생태학적 접근법에 따라 넙치생산활동에 기여하는 자연환경의 실질적인 가치와 인간경제 시스템에 대한 기여도를 EMERGY 분석법으로 평가한 결과는 다음과 같다.

자연환경 에너지원의 EMERGY 점유율 (% Renew)은 자연산 넙치생산의 경우 94.13%로 자연환경의 의존도가 높은 구조적인 특성을 잘 반영하고 있으며, 넙치 양식산업의 경우 2.20%를 차지하고 있어 자연산 넙치생산과는 대조적으로 경제활동에 의존도가 높은 산업적 특성을 나타내고 있다.

생산의 효율성과 자원의 가치를 나타내는 EMERGY 생산비 (EYR)는 양식산업의 경우 1.02로 자연산 17.05에 비해서 낮은 생산비 값을 보이고 있어 전체 경제에 대한 기여도가 낮은 것으로 평가되었다. 자연환경에 대한 인간경제활동의 참여율을 나타내는 EMERGY 투자비 (EIR)는 양식산업 44.41, 자연적인 넙치생산 0.06으로 평가되었고, 영속성 자원에 대한 비영속성 자원의 비인 환경부하비 (ELR)는 넙치 양식산업이 상대적으로 자연환경에 대한 경제적인 개발과 투자가 적은 자연산 넙치생산에 비해 화석연료를 비롯한 비영속성 EMERGY가 많이 투입되어 환경부하율이 높고, 자연환경에 대한 압박이 큰 것으로 평가되었다.

EMERGY의 생산성과 환경압박의 비로 계산되는 지속성 지수 (SI)는 넙치 양식산업이 자연산 넙치생산보다 환경친화적이지 못하고 생산의 지속성도 훨씬 적은 것으로 평가되었다.

자연환경의 가치와 인간경제활동을 동일가치에서 평가하는 시스템 생태학적 접근법에 의하여 넙치의 양식산업을 평가한 결과 자연산 넙치생산에 비해, 인간의 경제적 활동에 의한 의존도가 높은 특성을 나타내며, 자연환경에 대한 경제적인 개발과 투자가 큰 것으로 평가되었다. 또한 생산의 효율성이 적은 산업의 형태를 보이고 생산의 지속성도 낮은 시스템으로 평가되었다.

따라서 넙치생산의 발전방향은 화석연료에 의존하는 양식산업보다는 수용능력 범위내에서 자연환경자원을 지속가능하게 이용할 수 있는 해면어업이나, 보다 자연환경자원에 의존하는 양식기법 또는 생태공학적인 방식으로 전환해야만이 지속적인 발전이 가능할 것이다.

### 감사의 글

이 논문은 2000학년도 부경대학교 기성회 학술연구구조성비에 의하여 지원되었음.

### 참 고 문 헌

Brown, M.T., R.D. Woithe, H.T. Odum, C.L. Montague and E.C. Odum. 1993. EMERGY analysis perspectives of the EXXON VALDEZ oil spill in prince william sound, ALASKA, 122pp.  
 Brown, M.T., P. Green, A. Gonzalez and J. Venegas. 1992. EMERGY analysis perspectives, public policy options, and development guidelines for the coastal zone of NAYARIT, MEXICO, 208pp.  
 Brown, M.T. and S. Ulgiati. 1997. Energy-based indices and ratios to evaluate sustainability: monitoring economies and technology toward environmentally sound innovation. Ecological Engineering, 9, 51~69.  
 Eum, K.H., J.H. Son, E.I. Cho, S.M. Lee and C.K. Park. 1996. The estimation of carrying capacity in Deukryang bay by EMERGY analysis. J. Kor. Fish. Soc., 29(5), 629~636 (in Korean).  
 Kim, J.L., J.H. Son, Y.J. Kim and S.M. Lee. 2000. EMERGY analysis of Nakdong river basin for sustainable use. J. Kor. Env. Sci. Soc., 9(1), 49~55 (in Korean).

- Korea Fisheries Association. 1996. Korean Fisheries Yearbook, 379~548 (in Korean).
- Korea Meteorological Administration. 1995. Monthly upper air data, 1~12 (month).
- Korea Meteorological Administration. 1995. Annual Climatological Report, 244pp (in Korean).
- Lee, S.M., J.H. Son and D.S. Kang. 2000. Evaluation of Korea's Sustainable Development by the Systems Ecology (I) - EMERGY Analysis of Korea's Natural Environment and Economic Activity -, J. of the Korean Environmental Sciences Society, 9(6), 449~454 (in Korean).
- Lee, S.M. and H.T. Odum. 1994. EMERGY analysis overview of Korea. J. Kor. Env. Sci. Soc., 3(2), 165~175.
- Ministry of Agriculture & Forestry Republic of Korea. 1996. Statistical Yearbook of Agriculture, Forestry and Fisheries, 241~404 (in Korean).
- Ministry of Environmental Republic of Korea. 1996. Environmental Statistics Yearbook, 364~384 (in Korean).
- Ministry of Trade, Industry and Energy. 1996. Yearbook of Energy Statistics, 96 (in Korean).
- National Statistical Office Republic of Korea. 1999. Korea Statistical Yearbook, 385 (in Korean).
- Odum, H.T. and J.E. Arding. 1991. EMERGY analysis of shrimp mariculture in Ecuador. Working paper prepared for the Coastal Resources Center, Univ. of Rhode Island, Narragansett, 114pp.
- Odum, H.T. 1996. Environmental Accounting, EMERGY and Environmental Decision Making. John Wiley, NY, 365pp.
- Office of Hydrographic Affairs Republic of Korea. 1995. Technical Reports of Hydrography, 35~58 (in Korean).
- Park, Y.B. and Y.Y. Uh. 1993. Analysis of the profitability and efficiency of the Bastard Halibut aquaculture business with sea water tanks on the land. Univ. Pusan National Fisheries, 40pp (in Korean).
- Son, J.H., S.K. Shin, E.I. Cho and S.M. Lee. 1996. EMERGY analysis of Korean fisheries. J. Kor. Fish. Soc., 29, 689~700 (in Korean).
- 국립수산진흥원. 1993. '93년 沿近海漁業資源의 動向, 93~107.
- 국립수산진흥원. 1996. 양식품종별표준설계도, 124~128.
- 국립수산진흥원. 1998. 연근해 주요어종의 생태와 어장, 35~40.
- 과학기술처. 1992. 넙치 海上養殖技術開發에 關한 研究, 73~111.
- 해양수산부. 1998. 1997년도 어촌지도사업보고서, 15~20.

---

2001년 2월 1일 접수

2001년 4월 16일 수리