

양식 생산의 결정 요인에 관한 연구

A Study on Determinants of Aquaculture Production

이 민 규*
Lee, Min-kyu

〈목 차〉

- I. 서 론
 - II. 양식 생산 동향
 - III. 모 형
 - IV. 분석 결과
 - V. 결 론
-

Abstract: Aquaculture has been attractive in the sense that it could satisfy the demand for marine products well. Moreover, aquaculture has been important since the production volume of aquaculture was more than that of coastal and offshore fisheries in 2006. In the field of fisheries economics, identification of relationship between aquaculture and fisheries emerged as one of important research topics. This study analyzed the determinants of aquaculture production availability and aquaculture production volume based on unbalanced panel data of individual species for the years 2001–2007 with notice of interrelationship between those. I used Heckman two step method, one of sample selection model, due to the large percentage of zero observations of data. Analysis results show that the product volume of aquaculture increases as time, the license number, and the size of licensed areas increase. This paper is significant that it can provide information on aquaculture development plans by identifying determinants of aquaculture production. The methodology can be applied to analysis of data with the large percentage of zero observations in the fishery research.

* 한국해양수산개발원 책임연구원

Key Words : Heckman Two Step Method, Unbalanced Panel Data,
Aquaculture Production, Sample Selection Model

I. 서 론

최근 수산업은 환경 오염, 어장 축소, 자원 남획 등으로 인해 잡는 어업의 생산량이 한계점에 도달함에 따라 기르는 어업 중심으로 바뀌어 가고 있다. 이는 양식 관련 기술이 발전하면서, 양식 생산 비용이 감소하고 양식 생산성이 증가하고 있기 때문이다(Asche and Tveterås, 2004). 국제연합 식량농업기구(Food and Agriculture Organization of the United Nation : FAO)에 따르면, 2007년 세계 수산물 총생산량은 1억 5,600만 톤이며 이 중에서 약 41.7%는 양식 수산물이 차지하고 있다. FAO는 2030년이 되면 세계 수산물 생산량의 60% 이상이 양식 어업에 의해서 생산될 것으로 전망하고 있다(조정희, 2010).

우리나라의 경우 2000년 이후 양식 생산량이 증가하면서, 2006년부터 양식 생산량이 일반해면어업 생산량을 앞서기 시작하여 양식어업이 수산업의 새로운 주축으로 자리 잡게 되었다. 2009년 일반해면어업 생산량과 천해양식 생산량은 각각 122만 7,000톤과 131만 3,000톤이며, 전체 수산물 생산량에서 차지하는 비중이 39%와 41%에 이른다.

2000년 이후 양식 생산량이 빠르게 증가하게 된 것은 정부의 「기르는 어업 육성법」에 따른 어류, 패류 등의 생산량 증가뿐만 아니라 생산량이 가장 많은 해조류의 생산량 증가에 기인한다(조정희, 2010). 앞으로 정부는 양식어업을 경쟁력 있는 산업으로 육성하기 위해 제 2차 「기르는 어업 발전 기본계획」을 수립하여, 양식 어장 구조 개편, 친환경 양식 기반 구축, 첨단 양식기술 개발 등 중점 추진 과제에 대해 2013년까지 총 1조 3,000억 원을 투자할 계획이다. 즉, 양식어업을 발전시키기 위해서 생산 비용 절감과 생산성 향상을 꾀하고 있는 것이다.

잡는 어업은 남획으로 인한 어족 자원의 고갈, 어업 질서의 문란 등 많은 제약 조건이 따르지만, 기르는 어업, 곧 양식어업은 양식어업 종사자가 양식 환경, 양식 생산 조건, 경영 조건을 통제할 수 있다(이민규, 2009; Anderson, 1985; Hannesson, 2003). 즉, 양식어업이 잡는 어업에 비해 생산의 확실성 측면에서 상대적 우월성(relative advantage)이 있기 때문에 두 어업은 서로 대체적인 관계를 가질 수 있다(Anderson,

2002; Mikkelsen, 2007; Ye and Beddington, 1996).¹⁾

양식어업과 일반해면어업 간의 상호 관계를 규명하는 것은 수산 경제학 분야에서 중요한 연구 주제로 부각되었다. 특히, Anderson (1985)을 필두로 한 많은 연구자들이 다양한 어업 관리 시스템 (fisheries management regime) 하에서 양식 생산이 총생산량, 어족 자원량, 잡는 어업 노력, 판매 가격 등에 미치는 영향을 분석했다 (Anderson and Wilen, 1986; Hannesson, 2003; Hoagland et al., 2003; Mikkelsen, 2007; Ye and Beddington, 1996). Naylor et al.(2000)은 양식 생산량이 증가할수록 양식 품종에 대한 먹이 공급이 충분해야 하기 때문에, 크릴 새우와 같은 먹이 어종의 자원량이 감소할 것으로 전망했다. Asche and Tveterås(2004)와 Kristofersson and Anderson (2006)은 양식 품종의 먹이인 어분(fishmeal)을 대체할 수 있는 먹이로서 콩 사료(soybean meal)를 고려했으며, 어분 가격과 콩 사료 가격 간의 관계를 실증적으로 규명함으로써 양식 품종 사료의 시장 구조를 분석했다.

앞에서 살펴본 기존 문헌들은 최적화 조건을 통한 함수의 유도, 비교 정태 분석(comparative static analysis) 및 시뮬레이션 기법을 통해 일반어업과 양식어업의 관계를 고찰했다. 이와는 달리, 본 연구에서는 개별 품종 단위의 불균형 패널 데이터(unbalanced panel data)를 토대로 실증적인 계량 분석을 실시한다. 즉, 일반해면어업과 천해양식어업 사이의 상호 관계에 주목하여 양식 생산 여부 및 양식 생산량의 결정 요인을 분석한다. 실증분석을 위해 2001년부터 2007년까지 각 품종의 일반해면어업과 천해양식어업의 생산량 데이터를 이용한다. 전체 관측치 중에서 양식 생산량이 0인 관측치의 비중이 높기 때문에, 이를 보정하기 위해 표준적 표본 선택(sample selection) 상황 하에서 Heckman (1974)의 2단계 추정 방법을 적용한다. 본 모형은 특정 품종에 대해서 양식 생산 여부를 결정하는 구조와 양식 생산량이 결정되는 구조를 분리할 수 있는 따름 선택(incidental selection)의 유형이다. 본 연구는 양

1) Hoagland et al.(2003)은 양식어업과 잡는 어업 사이의 관계는 항상 대체적인 것이 아니라, 품종과 적용된 기술에 의해서 결정된다고 주장한다. 일반해면어업과 양식어업을 통해 생산한 어종의 품질 차이가 없다고 가정하면, 양식어업은 생산 과정에서 새로운 방법을 적용하는 공정 혁신(process innovation)이 이루어진 것이라고 할 수 있다(이민규, 2009).

식 생산을 결정하는 요인을 구체적으로 파악함으로써 앞으로 양식 정책을 수립하는 데 중요한 근거 자료로 활용될 수 있을 것이다.

I 장 이후의 본 논문은 다음과 같이 구성된다. II장에서는 양식 생산 동향에 관해서 살펴보고, III장에서는 본 연구에서 사용하는 실증 모형인 Heckman의 2단계 추정 방법에 대해 자세하게 설명한다. IV장에서는 사용된 분석 자료를 제시하고 분석 결과를 설명한다. 마지막으로 V장은 전체적으로 연구 내용을 요약하고 본 연구의 시사점을 살펴본다.

II. 양식 생산 동향

본 장에서는 국내 양식 생산 동향에 대해서 자세히 살펴본다. 국내 수산물의 생산량은 연간 약 320만 톤이다. 정부의 자원 조성 사업, 연근해 어선의 감척 사업, 양식 기술의 발달 등으로 2005년 이후 수산물의 생산량은 지속적으로 증가하고 있다.²⁾

<표-1>

어업별 생산 동향

(단위: 천 톤, 십억 원, %)

| 어업 | | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 |
|-----|------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| 생산량 | 일반해면 | 1,097 (40) | 1,109 (37) | 1,152 (35) | 1,286 (38) | 1,227 (39) |
| | 천해양식 | 1,041 (38) | 1,259 (42) | 1,386 (42) | 1,382 (41) | 1,313 (41) |
| | 원양어업 | 552 (20) | 639 (21) | 710 (22) | 666 (20) | 605 (19) |
| | 내수면 | 24 (1) | 25 (1) | 27 (1) | 29 (1) | 30 (1) |
| | 합계 | 2,714 (100) | 3,032 (100) | 3,275 (100) | 3,363 (100) | 3,175 (100) |
| 생산액 | 일반해면 | 2,706 (54) | 2,751 (52) | 2,939 (51) | 3,230 (51) | 3,640 (53) |
| | 천해양식 | 1,348 (27) | 1,443 (27) | 1,600 (28) | 1,523 (24) | 1,847 (27) |
| | 원양어업 | 819 (16) | 891 (17) | 990 (17) | 1,327 (21) | 1,150 (17) |
| | 내수면 | 176 (3) | 200 (4) | 223 (4) | 275 (4) | 274 (4) |
| | 합계 | 5,049 (100) | 5,286 (100) | 5,752 (100) | 6,355 (100) | 6,911 (100) |

주 : ()의 값은 어업별 생산량, 생산액이 전체 생산량, 생산액에서 차지하는 비중을 나타냄
자료 : 통계청(2009)

2) 2009년 생산량은 전년 대비 5.6% 감소했다.

<표-1>에서 보는 바와 같이 2006년부터 천해양식어업의 생산량이 일반해면어업의 생산량을 앞서기 시작했다. 하지만 생산액 측면에서 살펴보면, 일반해면어업 생산액이 천해양식어업 생산액의 약 2배에 이른다. 이는 일반해면어업의 경우 단위 중량당 가격이 높은 어류의 생산 비중이 높지만, 천해양식어업은 가격이 낮은 해조류가 상당량을 차지하고 있기 때문이다(<표-2> 참조).

<표-2> 일반해면어업과 천해양식어업의 부류별 생산 동향

(단위: 천 톤, 십억 원, %)

| 부류 | | | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 |
|-----|----------|--------|------------|------------|------------|------------|------------|
| 생산량 | 일반 해면 | 어류 | 722 (66) | 715 (64) | 762 (66) | 878 (68) | 796 (65) |
| | | 갑각류 | 62 (6) | 74 (7) | 85 (7) | 88 (7) | 100 (8) |
| | | 패류 | 81 (7) | 80 (7) | 74 (6) | 81 (6) | 90 (7) |
| | | 연체동물 | 212 (19) | 220 (20) | 206 (18) | 216 (17) | 223 (18) |
| | | 기타수산동물 | 5 (0) | 6 (1) | 8 (1) | 8 (1) | 7 (1) |
| | | 해조류 | 15 (1) | 14 (1) | 18 (2) | 14 (1) | 11 (1) |
| | | 합계 | 1,097(100) | 1,109(100) | 1,152(100) | 1,286(100) | 1,227(100) |
| | 천해 양식 | 어류 | 81 (8) | 91 (7) | 98 (7) | 99 (7) | 110 (8) |
| | | 갑각류 | 1 (0) | 2 (0) | 1 (0) | 2 (0) | 2 (0) |
| | | 패류 | 326 (31) | 391 (31) | 479 (35) | 345 (25) | 327 (25) |
| | | 연체동물 | 0 (0) | 0 (0) | 0 (0) | 0 (0) | 0 (0) |
| | | 기타수산동물 | 11 (1) | 10 (1) | 15 (1) | 15 (1) | 17 (1) |
| | | 해조류 | 621 (60) | 765 (61) | 793 (57) | 921 (67) | 859 (65) |
| | | 합계 | 1,041(100) | 1,259(100) | 1,386(100) | 1,382(100) | 1,313(100) |
| 생산액 | 일반 해면 | 어류 | 1,572 (58) | 1,586 (58) | 1,757 (60) | 1,976 (61) | 2,093 (57) |
| | | 갑각류 | 278 (10) | 358 (13) | 389 (13) | 423 (13) | 509 (14) |
| | | 패류 | 172 (6) | 161 (6) | 162 (5) | 176 (5) | 233 (6) |
| | | 연체동물 | 640 (24) | 596 (22) | 568 (19) | 598 (19) | 748 (21) |
| | | 기타수산동물 | 30 (1) | 35 (1) | 47 (2) | 43 (1) | 44 (1) |
| | | 해조류 | 13 (0) | 15 (1) | 16 (1) | 14 (0) | 14 (0) |
| | | 합계 | 2,706(100) | 2,751(100) | 2,939(100) | 3,230(100) | 3,640(100) |
| | 천해 양식 | 어류 | 723 (54) | 798 (55) | 802 (50) | 765 (50) | 982 (53) |
| | | 갑각류 | 23 (2) | 26 (2) | 16 (1) | 28 (2) | 29 (2) |
| | | 패류 | 314 (23) | 344 (24) | 447 (28) | 371 (24) | 494 (27) |
| | | 연체동물 | 0 (0) | 0 (0) | 0 (0) | 0 (0) | 0 (0) |
| | | 기타수산동물 | 20 (1) | 20 (1) | 25 (2) | 22 (1) | 23 (1) |
| | | 해조류 | 268 (20) | 256 (18) | 309 (19) | 337 (22) | 319 (17) |
| | | 합계 | 1,348(100) | 1,443(100) | 1,600(100) | 1,523(100) | 1,847(100) |

주: ()의 값은 부류별 생산량, 생산액이 어업별 생산량, 생산액에서 차지하는 비중을 나타냄
자료: 통계청(2009)

양식 생산 동향을 살펴보면, 노동집약적인 해조류와 패류 양식의 생산량 비중이 90%이고 어류의 생산량 비중은 8%에 불과하다. 하지만 생산액 측면에서는 어류가 53%, 해조류와 패류가 44%의 비중을 차지한다.

<표-3>

품종별 양식 생산량 동향

(단위: 톤, %)

| 품종 | | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 |
|----------|-------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| 어류 | 넙치류 | 40,075 (49) | 43,852 (48) | 41,171 (42) | 46,432 (47) | 54,674 (50) |
| | 조피볼락 | 21,297 (26) | 27,517 (30) | 35,564 (36) | 32,992 (33) | 32,996 (30) |
| | 참돔 | 5,816 (7) | 4,386 (5) | 7,213 (7) | 7,424 (7) | 9,264 (8) |
| | 기타 | 14,249 (17) | 15,368 (17) | 13,715 (14) | 12,158 (12) | 12,588 (11) |
| | 소계 | 81,437(100) | 91,123(100) | 97,663(100) | 99,006(100) | 109,522(100) |
| 갑각류 | 대하 | 1,399(100) | 1,022 (61) | 463 (35) | 130 (7) | 81 (4) |
| | 흰다리새우 | - (0) | 661 (39) | 858 (65) | 1,794 (93) | 1,812 (96) |
| | 소계 | 1,399(100) | 1,683(100) | 1,321(100) | 1,924(100) | 1,893(100) |
| 패류 | 굴류 | 251,706 (77) | 283,296 (72) | 321,276 (67) | 249,976 (72) | 240,911 (74) |
| | 홍합류 | 43,953 (13) | 81,617 (21) | 98,121 (20) | 67,442 (20) | 55,035 (17) |
| | 바지락 | 17,401 (5) | 14,327 (4) | 18,819 (4) | 16,633 (5) | 17,905 (5) |
| | 전복류 | 2,062 (1) | 3,050 (1) | 4,350 (1) | 5,146 (1) | 6,207 (2) |
| | 기타 | 11,133 (3) | 8,770 (2) | 36,080 (8) | 5,602 (2) | 6,486 (2) |
| | 소계 | 326,255(100) | 391,060(100) | 478,646(100) | 344,799(100) | 326,544(100) |
| 기타 수산 동물 | 우렁챙이 | 9,334 (86) | 7,127 (68) | 9,318 (61) | 7,826 (51) | 7,208 (43) |
| | 미더덕 | 1,412 (13) | 1,519 (14) | 2,309 (15) | 2,620 (17) | 3,845 (23) |
| | 기타 | 81 (1) | 1,849 (18) | 3,594 (24) | 4,899 (32) | 5,690 (34) |
| | 소계 | 10,827(100) | 10,495(100) | 15,221(100) | 15,345(100) | 16,743(100) |
| 해조류 | 미역 | 281,871 (45) | 322,371 (42) | 309,097 (39) | 381,076 (41) | 309,155 (36) |
| | 다시마류 | 108,327 (17) | 201,919 (26) | 250,049 (32) | 285,221 (31) | 306,183 (36) |
| | 김 | 197,610 (32) | 217,559 (28) | 210,956 (27) | 224,242 (24) | 210,405 (25) |
| | 기타 | 33,348 (5) | 23,064 (3) | 22,851 (3) | 30,485 (3) | 32,916 (4) |
| | 소계 | 621,156(100) | 764,913(100) | 792,953(100) | 921,024(100) | 858,659(100) |
| 합계 | | 1,041,074 | 1,259,274 | 1,385,804 | 1,382,098 | 1,313,361 |

주 : 1) ()의 값은 각 품목의 생산량이 부류별 생산량 소계에서 차지하는 비중을 나타냄

2) 연체동물의 생산량은 없음

자료 : 통계청(2009)

<표-3>은 각 부류별 생산량 상위 품종을 위주로 한 양식 생산량 동향을 보여주고 있다. 부류별로는 기타수산동물, 갑각류, 해조류 순으로 연평균 생산량 증가율이 높다. 어류는 참돔·조피볼락, 갑각류는 흰다리새우, 패류는 전복류·홍합류, 기타수산동물은 미더덕, 해조류는 다시마류의 생산 증가세가 두드러지게 나타난다. 품종별 양식 생산량 추세에서 각 부류별로 생산량 상위 3개 품종이 차지하는 생산량 비중은 90%에 이를 정도로 양식 생산 품종의 다양화가 이루어지지 않았다. 양식 생산의 특정 품종 쏠림 현상은 과도한 생산량 증가로 인한 가격 폭락, 전염병 발생 가능성의 증가와 같은 부작용을 초래할 수 있다.

<표-4>

천해양식어업 어업권 현황

(단위 : 건, ha, ha/건)

| 구분 | 2006 | | | 2007 | | | 2008 | | |
|-----|-------|---------|--------|-------|---------|--------|-------|---------|--------|
| | 건수 | 면적 | 건수당 면적 | 건수 | 면적 | 건수당 면적 | 건수 | 면적 | 건수당 면적 |
| 어류 | 574 | 1,987 | 3.462 | 560 | 1,962 | 3.504 | 553 | 1,988 | 3.595 |
| 패류 | 5,552 | 49,550 | 8.925 | 5,577 | 49,261 | 8.833 | 5,586 | 49,169 | 8.802 |
| 기타 | 790 | 4,596 | 5.818 | 790 | 5,010 | 6.342 | 813 | 5,422 | 6.669 |
| 해조류 | 2,381 | 74,757 | 31.397 | 2,425 | 76,183 | 31.416 | 2,603 | 79,504 | 30.543 |
| 합계 | 9,297 | 130,890 | 14.079 | 9,352 | 132,416 | 14.159 | 9,555 | 136,083 | 14.242 |

주 : '기타'는 새우(축제), 우렁쟁이, 갯지렁이, 해삼, 기타 등임

자료 : 농림수산식품부, 천해양식어업 어업권 현황

<표-4>의 천해양식어업 어업권 현황을 보면, 전체적으로 어업권 면허 건수, 면허 면적, 면허 건수당 면적이 증가하고 있다. 부류별로는 해조류의 면허 건수 및 면허 면적의 연평균 증가율이 가장 높다. 또한, 기타 품목의 경우 면허 건수당 면적의 연평균 증가율이 가장 높다.

III. 모 형

일반해면어업으로 생산되는 품종 중 상당한 비중을 차지하는 품종에서 연간 양식 생산량이 0으로 나타났다. 이는 해당 품종의 양식 기술이 불완전하거나 경제성이 낮아, 양식 생산이 전혀 이루어지지 않았거나 양식 생산량의 반올림 값이 1톤 미만이기 때문이다. 후자의 경우처럼 실제로 1년 동안 시장에서 거래된 양식 생산량이 있는 품종에 대해서도 통계청(2009)의 톤 단위 반올림 계산법에 의해서 0의 관측치를 나타낼 수 있다.

전체 관측치 중에서 종속 변수인 양식 생산량이 0의 값을 가지는 관측치의 비중이 높은 경우, 최소자승법(ordinary least square estimator)으로 추정하는 것은 편의적이고 비효율적이다(Greene, 2003). 분석 자료의 특성상, 모집단으로부터 비무작위적으로 사례들이 배제될 때 발생하는 표본 선택 편의(sample selection bias)를 유의해야 한다. 따라서 표본 선택 편의를 보정하기 위해 표준적 표본 선택 상황 하에서 Heckman의 2단계 추정 방법을 적용한다.³⁾ Heckman의 2단계 추정 방법으로 해당 품종의 양식 생산 여부를 판별한 후 양식 생산이 이루어진 경우에 대해서 양식 생산량의 크기를 결정하는 요인을 파악할 수 있다. 따라서 Heckman의 2단계 추정 방법은 양식 생산 여부뿐만 아니라 양식 생산량을 결정하는 요인을 함께 분석할 수 있는 장점이 있다.

품종 i 의 양식 생산 여부에 대한 관측변수(z_{it})와 연간 양식 생산량에 대한 관측변수(y_{it})는 다음과 같은 식으로 표현될 수 있다.

$$z_{it}^* = w_{it}'\gamma + u_{it} \quad (1)$$

$$z_{it} = \begin{cases} 1 & \text{if } z_{it}^* > 0 \\ 0 & \text{if } z_{it}^* \leq 0 \end{cases} \quad (2)$$

3) Heckman의 2단계 추정 방법은 계산이 편리하다는 장점이 있어서 많은 표본 선택 연구에서 사용되고 있다(안형택, 2000). 표본 선택 모형으로 Heckman의 모형뿐만 아니라 Amemiya(1984)가 명명한 Type II 토빗 모형이 있다. Type II 토빗 모형은 최우추정법을 적용하기 때문에 계수의 초기 값에 의해서 추정 계수의 수렴 여부가 결정된다는 약점이 있다.

$$y_{it}^* = x_{it}'\beta + \epsilon_{it} \quad (3)$$

$$y_{it} = \begin{cases} y_{it}^* & \text{if } z_{it}^* > 0 \\ 0 & \text{if } z_{it}^* \leq 0 \end{cases} \quad (4)$$

$$\begin{bmatrix} u_{it} \\ \epsilon_{it} \end{bmatrix} \sim N_2 \left(\begin{bmatrix} 0 \\ 0 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} 1 & \rho\sigma \\ \rho\sigma & \sigma^2 \end{bmatrix} \right) \quad (5)$$

여기서 β , γ 는 추정해야 할 모수 벡터, ϵ_{it} , u_{it} 는 오차항, x_{it} , w_{it} 는 각각 양식 생산량 크기와 양식 생산 여부에 관련된 설명변수 벡터를 의미한다. 이변량 정규 분포를 따르고 있는 오차항 u_{it} 와 ϵ_{it} 의 표준편차는 1과 σ 이며, 이들의 상관계수는 ρ 이다. 또한, z_{it}^* 는 양식 생산 여부에 대한 잠재변수(latent variable)이며, y_{it}^* 는 연간 양식 생산량의 잠재변수이다.

Heckman의 추정 방법을 적용하여 1단계에서는 표본에 선택될 확률을 나타내는 식 (1)과 식 (2)에 대해서 프로빗 모형(probit model)을 이용하여 추정한다. 프로빗 모형의 로그 우도함수는 식 (6)과 같으며 (Train, 2003), 식 (6)에서 $\Phi(\cdot)$ 는 표준 정규 누적분포 함수를 나타낸다. 식 (6)에 최우추정법(maximum likelihood estimator)을 적용하여 우도함수를 최대로 하는 모수 값을 추정할 수 있다.

$$\log L = \sum_{\{i, t | z_{it} = 0\}} \Phi(-w_{it}'\gamma) + \sum_{\{i, t | z_{it} = 1\}} \{1 - \Phi(-w_{it}'\gamma)\} \quad (6)$$

Heckman의 추정 방법 2단계에서는 표본으로 선택된 사례만을 대상으로 한다. 식 (3)과 식 (4)에서 다음과 같이 식 (7)과 식 (8)이 전개된다(Greene, 2003).

$$E[y_{it} | z_{it}^* > 0] = x_{it}'\beta + E[\epsilon_{it} | u_{it} > -w_{it}'\gamma] \quad (7)$$

$$= x_{it}'\beta + \rho\sigma \frac{\phi(-w_{it}'\gamma)}{1 - \Phi(-w_{it}'\gamma)} = x_{it}'\beta + \beta_\lambda \lambda(-w_{it}'\gamma)$$

$$y_{it}|z_{it}^* = E[y_{it}|z_{it}^* > 0] + v_{it} = x_{it}'\beta + \beta_\lambda \lambda(-w_{it}'\gamma) + v_{it} \quad (8)$$

$\phi(\cdot)$ 는 표준 정규 분포의 확률 밀도 함수를 나타내며, $\lambda(-w_{it}'\gamma)$ 는 역밀도의 비율(inverse Mill's ratio)⁴⁾로서 흔히 위험률(hazard rate)이라고 불린다. 식 (7)에서 위험률 $\lambda(-w_{it}'\gamma)$ 는 새로 추가된 하나의 설명변수로 작용하고 $\rho\sigma$ 는 회귀계수(β_λ)의 역할을 한다. Heckman 추정법의 두 번째 단계에서는 실질방정식에 위험률 변수를 새로운 설명변수로 추가하여 선형회귀분석을 실시한다.

즉, Heckman의 2단계 추정 방법으로 먼저 프로빗 모형을 사용하여 $\hat{\gamma}$ 를 추정하고 $w_{it}'\hat{\gamma}$ 를 계산해서 $\hat{\lambda}(-w_{it}'\hat{\gamma})$ 를 구한다. 다음에는 식 (8)에 $\lambda(-w_{it}'\gamma)$ 대신에 $\hat{\lambda}(-w_{it}'\hat{\gamma})$ 를 넣어서 선형회귀분석을 수행하여 β 와 β_λ 에 대한 일치추정치를 구한다(남춘호, 1998).

IV. 분석 결과

1. 분석 자료

본 연구에서는 품종별 일반해면어업 생산량과 천해양식어업 생산량의 데이터를 이용하였다. 통계청(2009) 데이터 중에서 정확한 품종을 알 수 없는 품종(기타가사리, 기타돔류, 기타볼락, 기타새우, 기타수산동물, 기타어류, 기타패류, 기타해조류)은 분석에서 제외하였다. 2008년 1월부터 세분화된 품종의 경우⁵⁾는 기존의 통계자료와 시계열에 차이가 있을 수 있으므로 세분화 이전의 기준에 의해 데이터를 정리하였다.

4) 역밀도의 비율은 각각의 관찰이 표본으로부터 배제될 순간적 확률을 보여준다(남춘호, 1998).

5) 2008년 1월부터 다음과 같이 품종을 세분화 하였다(통계청, 2009). 고등어류에서 고등어·망치고등어로 세분화, 기타돔류에서 돌돔으로 세분화, 기타게로부터 민꽃게를 세분화, 소라고둥에서 소라·고둥류, 우렁이류로 세분화, 오징어류에서 오징어, 한치를 세분화, 기타해조류에서 매생이를 세분화, 기타수산물에서 오만둥이를 세분화 하였다.

품종별 생산량과 생산금액은 계통조사와 비계통조사를 거쳐서 수집되었다. 계통조사는 수협계통조직을 통해 위판과 공판의 절차를 거쳐 출하하는 생산량 및 생산액을 조사하는 것이며, 비계통조사는 어가 및 사업체에서 직접 판매, 자가 소비, 증여 등을 하는 생산량 및 생산액을 조사하는 것이다. 본 연구는 계통조사·비계통조사의 생산량 및 생산금액의 합계를 활용하였다. 또한, 판매 상태(활어, 선어, 냉동·냉장)별 생산량과 생산액은 2008년 1월부터 공표되었기 때문에 판매 상태는 고려할 수 없었다.

양식 생산의 결정 요인으로는 양식어업의 어업권 건수와 어업권의 면적을 고려하였는데, 어류의 경우 세부 품목에 따른 어업권의 건수 및 면적이 제시되지 않았기 때문에 어류 전체를 분석 대상으로 하였다. 다른 품목에 대해서도 어업권 건수와 어업권의 면적을 기준으로 데이터를 분류하였다.

분석 대상으로 포함된 품종은 <표-5>에 제시되어 있다. 총 36개 품종이 분석에 포함되었으며, 이 중에서 패류가 18종으로 가장 많다. 연간 양식 생산량이 있는 품종은 21종이고, 양식 생산량이 전혀 없는 품종은 모두 15종이다. 패류 품종의 61%는 양식 생산량이 있지만, 갑각류는 양식 생산량이 있는 품종보다 양식 생산량이 없는 품종이 더욱 많다.

<표-5> 분석에 포함된 품종

| 부류 | 양식 생산량 있음 | 양식 생산량 없음 |
|-------|--|---|
| 어류 | 어류 (1종) | - |
| 갑각류 | 새우 (1종) | 꽃게, 대게, 붉은대게 (3종) |
| 패류 | 굴류, 전복류, 가리비, 가무락, 개량조개, 꼬막류, 동죽, 바지락, 백합류, 피조개, 홍합류 (11종) | 콜뱅이, 소라고동, 오분자기, 맛류, 새조개, 코끼리조개, 개조개 (7종) |
| 기타수산물 | 미더덕, 우렁챙이, 해삼 (3종) | 성게 (1종) |
| 해조류 | 김, 다시마류, 미역, 톳, 파래 (5종) | 꼬시래기, 도박류, 말, 우무가사리 (4종) |
| 합계 | 21종 | 15종 |

주 : 연체동물의 경우, 품종별 양식 생산량이 없기 때문에 분석에서 제외함

분석에 사용된 변수의 표본 통계량은 <표-6>과 같다. 종속 변수로는 양식 생산 여부와 연간 양식 생산량의 두 가지가 있으며, 설명 변수로는 연간 일반해면어업 생산량, 연간 생산 가격,⁶⁾ 시간, 천해양식어업 어업권의 건수와 면적을 고려한다. 일반해면어업 생산량은 양식 생산 여부 함수의 설명 변수로 활용된다. 대체적으로 소비자의 수요가 꾸준히 존재하는 품종일수록 일반해면어업의 생산량이 많다. 일반해면어업의 생산량이 소비자의 수요를 반영한다고 볼 수 있다.

<표-6> 사용된 변수의 정의 및 표본 통계량

| 변수 | | 정의 | 전체 샘플 (개수=232) | | 양식 생산량이 0보다 큰 샘플 (개수=127) | |
|----------|-----------|---|-------------------|----------|---------------------------------|----------|
| | | | 평균 | 표준 편차 | 평균 | 표준 편차 |
| 종속 변수 | D_farming | 양식 생산 여부 (1: 그렇다, 0: 아니다) | 0.547 | 0.499 | 1.000 | 0.000 |
| | Farming | 연간 양식 생산량 (단위: 천톤) | 29.251 | 71.312 | 53.435 | 89.559 |
| 설명 변수 | Fishery | 연간 일반해면어업 생산량 (단위: 천톤) | 24.675 | 117.154 | 41.551 | 156.525 |
| | Price | 2005년 가격으로 보정된 연간 생산 가격 (단위: 천원/kg) | 6.462 | 12.726 | 5.719 | 14.727 |
| | Time | 시간 (기준: 2001년=1) | 4.022 | 2.005 | 4.047 | 2.011 |
| | License | 연간 양식어업권의 건수 | 264.358 | 385.751 | 481.142 | 410.016 |
| | Area | 연간 양식어업권의 면적 (단위: 천ha) | 3.686 | 9.496 | 6.707 | 12.040 |

6) 연간 생산 가격은 생산금액을 생산량으로 나눈 다음, 통계청의 수산식품 생산자 물가지수를 반영하여 2005년 기준의 불변 가격으로 환산하였다.

2. 추정 결과

본 연구에서는 Heckman의 2단계 추정 방법을 이용하여 양식 생산 여부와 양식 생산량 결정식을 TSP(Time Series Processor) 4.5로 추정하였다. 먼저, 식 (6)의 로그우도 함수에 최우추정법을 적용하여 계수 값을 추정한다. 추정된 값을 이용하여 역밀의 비율을 계산한 후, 식 (8)을 선형회귀 분석으로 추정한다. 이에 대한 추정 결과는 <표-7>에 제시되어 있다.

<표-7>

전체 샘플의 추정 결과

| 변수 | 양식 생산 여부 | 양식 생산량 |
|----------|-----------------|-------------------|
| Constant | 0.077 (0.390) | 34.925 (1.065) |
| Time | 0.006 (0.143) | 5.694* (1.716) |
| Fishery | 0.004 (1.197) | |
| Price | -0.005 (-0.771) | |
| License | | 0.056*** (2.781) |
| Area | | 2.587*** (3.730) |
| IMR | | -69.736* (-1.823) |
| R2 | | 0.325 |
| 관측치 개수 | 232 | 127 |

주 : 1) 괄호 안의 값은 t-통계량임

2) *, **, ***는 각각 유의수준 10%, 5%, 1%에서 통계적으로 유의함을 의미함

3) IMR은 역밀의 비율(Inverse Mill's Ratio)을 의미함

양식 생산 여부와 양식 생산량에 영향을 미치는 설명 변수는 서로 다르다. 양식 생산 여부에 영향을 미치는 설명 변수로는 시간, 일반해면어업 생산량, 생산 가격을 사용하고 양식 생산량 함수의 설명 변수로는 시간, 양식 어업권 건수, 양식 어업권의 면적, 크기가 0인 양식 생산량의 효과를 보정해 주는 위험률 변수(IMR)가 고려되었다. 일반해면어업의 생산량과 생산 가격 변수는 양식 생산량 함수의 설명 변수로 포함하지 않았는데, 이는 대체제 혹은 시장의 상황보다는 노동, 자본과 같은 생산 요소가 생산량에 직접적으로 영향을 미친다는 생산 경제이론을 반영하기 위해서이다. 특히, 어업권의 건수를 노동의 대리

변수(proxy variable)로 간주했다.

양식 생산 여부 함수의 경우, 모든 설명 변수가 통계적으로 유의하지 않았다. 특히, 일반해면어업 생산량 추정 계수가 통계적으로 유의하지 않은 것은 일반해면어업과 양식 생산의 관계가 서로 독립적이라는 것을 의미한다.⁷⁾

양식 생산량이 존재하는 품종은 시간이 지날수록 양식 생산량이 점차 증가하는 경향을 보인다. 시간 변수가 양식 생산 기술의 수준을 반영하는 대리 변수라고 간주하면, 양식 기술 수준이 향상할수록 양식 생산량이 증가한다고 해석할 수 있다. 양식 어업권의 건수와 어업권의 면적이 늘어날수록 양식 생산량이 증가한다. 양식 생산량의 어업권 건수 탄력성 및 어업권 면적 탄력성을 계산하기 위해서 <표-6>의 변수 평균과 <표-7>의 추정 결과를 활용한다.⁸⁾ 어업권 건수와 어업권 면적의 탄력성은 각각 0.508, 0.325로 계산되었다. 탄력성의 크기가 모두 1보다 작은 양수이므로 양식 생산량은 어업권 건수와 어업권 면적에 비탄력적인 것으로 나타났다. 이는 어업권 건수와 어업권 면적이 증가하는 속도에 비해 양식 생산량이 증가하는 속도가 상대적으로 느리다는 것을 의미한다. 어업권 면적보다 어업권 건수의 탄력성이 크기 때문에, 어업권 건수의 변동에 따른 생산량의 변화 정도가 어업권 면적의 변동에 따른 생산량의 변화 정도보다 더욱 크게 나타난다.

<표-7>의 추정 결과는 전체 샘플을 대상으로 했으며, 부류별로 양식 기술이 서로 다를 수 있다는 점을 감안하여 각 부류별 양식 생산 여부와 양식 생산량 함수를 분석한다. 어류, 갑각류, 연체동물, 기타수산동물의 경우, 양식 생산량이 0보다 큰 관측치의 개수가 적어서 대부분의 설명 변수가 통계적으로 유의하지 않기 때문에, 패류와 해조류의 추정 결과에 대해서만 살펴본다.

<표-8>은 패류와 해조류를 대상으로 한 추정 결과이다. 패류의 경

7) 양식 생산의 여부는 해면어업 생산과의 관계보다는 양식 대상종의 양식 기술 여부, 대상 품종의 시장성 여부, 양식 운영상의 비용 여부 등에 의해 결정되는 경향이 강하다고 할 수 있다.

8) 양식 생산량(P), 어업권 건수(L), 어업권 면적(A)에서 생산량의 탄력성은 다음과 같이 도출된다.

$$\eta_L = \frac{L}{P} \frac{\partial P}{\partial L} = \frac{\partial \ln P}{\partial \ln L}, \quad \eta_A = \frac{A}{P} \frac{\partial P}{\partial A} = \frac{\partial \ln P}{\partial \ln A}$$

우, 양식 생산 여부 함수에서는 모든 설명 변수가 통계적으로 유의하지 않았다. 양식 생산량 결정식에서는 양식 어업권 건수, 양식 어업권 면적, 위험률 변수가 통계적으로 유의하다. 양식 어업권 건수의 계수가 양수인 것은 양식 어업권 면적 건수가 증가할수록 패류의 양식 생산량이 증가함을 의미한다. 한편, 양식 어업권 면적의 추정 계수는 음수로서 패류 양식은 제한적인 일부 지역에서 가능하며 패류 양식이 가능한 면적이 포화 상태에 이르고 있기 때문에 양식 면적을 늘릴 경우 밀식이 발생하여 생산량이 줄어든다는 것을 시사하고 있다.

해조류의 경우, 가격이 낮을수록 양식 생산 확률이 높다. 이는 생산 가격이 높은 꼬시래기나 우뚝가사리가 아직까지 양식 생산이 되고 있지 않기 때문이다. 시간 변수와 어업권 건수는 양식 생산량에 대해서 양의 효과를 미친다. 양식 어업권 면적의 추정 계수는 음수이지만 통계적으로 유의하지는 않다. 양식 생산량의 어업권 건수 탄력성은 패류와 해조류에 대해서 각각 0.003, 0.001로 계산되었다. 어업권 건수 변동에 따른 양식 생산량의 변동 정도는 패류가 해조류에 비해서 더욱 크다.

<표-8>

부류별 추정 결과

| 변수 | 패류 | | 해조류 | |
|----------------|-----------------|----------------------|-------------------|-------------------|
| | 양식 생산 여부 | 양식 생산량 | 양식 생산 여부 | 양식 생산량 |
| Constant | -0.040 (-0.137) | 0.186*** (2.907) | 0.938* (1.888) | 14.607 (0.269) |
| Time | 0.000 (0.003) | 3.477 (1.091) | -0.013 (-0.133) | 15.205*** (3.012) |
| Fishery | 0.026 (1.273) | | 0.078 (0.695) | |
| Price | 0.006 (0.738) | | -0.608** (-2.149) | |
| License | | 0.179*** (3.408) | | 0.338*** (4.007) |
| Area | | -16.038*** (-3.151) | | -2.750 (-1.625) |
| IMR | | -260.544*** (-3.245) | | -156.630 (-1.694) |
| R ² | | 0.563 | | 0.760 |
| 관측치 개수 | 119 | 65 | 52 | 35 |

주 : 1) 괄호 안의 값은 t-통계량임

2) *, **, ***는 각각 유의수준 10%, 5%, 1%에서 통계적으로 유의함을 의미함

3) IMR은 역밀의 비율(Inverse Mill's ratio)을 의미함

VI. 결 론

잡는 어업의 생산량이 한계에 도달하여 기르는 어업 위주로 전환되고 있는 국내 수산업의 상황에서, 일반해면어업과의 연관성을 고려하여 양식 생산의 결정 요인을 분석하는 것은 양식 발전 정책을 수립하는 데 큰 도움이 된다. 이와 같은 맥락에서, 본 연구는 2001년부터 2007년까지 개별 품종의 일반해면어업 생산량과 천해양식어업 생산량의 데이터를 이용하였다.

분석 자료의 특성상, 상당한 수의 0인 관측치가 존재하는 문제점을 내포하고 있으므로 이를 해결하기 위해 표준 선택 모형의 도입이 요구되었다. 따라서 본 연구에서는 양식 생산량이 0인 관측치를 보정하기 위해서 Heckman 2단계 추정 방법의 적용을 제안하고 분석에 활용하였다.

분석 결과, 다음과 같은 시사점을 얻을 수 있었다. 첫째, 양식 생산의 결정 요인을 일반해면어업과의 연관성을 통해 분석한 결과, 일반해면어업과 양식 생산의 관계가 독립적인 것으로 나타났다. 양식 생산의 여부는 일반해면 생산보다는 양식 기술 수준, 대상 품종의 시장성, 양식 운영비용 등에 의해서 결정되는 경향이 강하다.

둘째, 시간이 지나거나 양식 어업권 건수와 양식 어업권의 면적이 늘어날수록 양식 생산량이 증가한다. 어업권 건수와 어업권 면적의 탄력성은 모두 1보다 작은 양의 값이므로, 어업권 건수와 어업권 면적의 증가 속도에 비해 양식 생산량의 증가 속도가 상대적으로 느린 것으로 나타났다.

셋째, 각 부류별로 분석한 결과, 패류의 경우 양식 어업권 건수가 양식 생산량에 양의 효과를 미치지만, 양식 어업권 면적은 음의 효과를 끼친다. 해조류에 대해서는 시간이 지나거나 어업권 건수가 많아질수록 양식 생산량이 늘어나는 경향을 보인다. 양식 생산량의 어업권 건수 탄력성은 패류가 해조류보다 크다.

본 연구를 통해서 양식 생산 여부와 양식 생산량을 결정하는 요인을 구체적으로 살펴봄으로써 양식 산업을 발전시키기 위한 전략을 도

출할 수 있다. 즉, 본 연구는 국내 양식 산업을 경쟁력 있는 산업으로 발전시키고자 하는 정부의 양식 발전 계획 수립을 위한 중요한 근거로 활용될 수 있을 것이다. 추정된 양식 생산량의 양식어업권 건수 탄력성 및 양식어업권 면적 탄력성은 앞으로 예상되는 어업권 건수와 면적의 변화에 따라 양식 생산량이 어떻게 변할지 예측할 때 활용될 수 있다. 이를 통해 정부의 양식어업권 관리 기준을 구체적으로 마련할 수 있을 것이다.

학술적 측면에서는 일반해면어업 생산량과 양식 생산의 관련성을 고려한 실증 분석을 실시하여 일반해면어업과 양식어업의 상호 관계를 규명할 수 있는 방법을 제시했다. 또한 본 연구에서 활용한 Heckman 2단계 추정 방법은 수산 분야에서 0의 관측치가 많은 표본의 분석에 적용될 수 있다.

본 연구는 데이터의 한계로 인해 생산 요소인 자본을 설명 변수에 포함시키지 못한 한계점이 있다. 각 품종별로 연간 자본 투입량이 양식 생산량에 미치는 효과를 파악한다면, 더욱 많은 시사점을 제공할 수 있을 것이다. 또한, 양식 생산이 이루어지는 요인으로서 기술적, 경제적인 다양한 요인을 고려하지 못했다는 한계점이 존재한다.

투고일(2010년 4월 6일)

심사일(1차 : 2010년 5월 4일, 2차 : 5월 31일)

게재확정일(2010년 6월 14일)

참고문헌

1. 남춘호, “사회학적 연구에서 표본선택편의”, 『한국사회학』, 제32집, 1998.
2. 안형택, “이동전화서비스의 수요분석”, 『정보통신정책연구』, 제7권 제1호, 2000.
3. 이민규, “기술 대체 모형에 따른 양식 기술 R&D 전략 도출 연구”, 『한국 혁신학회지』, 제4권 제1호, 2009.
4. 조정희, “FAO 양식인증제 논의 동향과 시사점”, 『KMI 수산동향』, 2010. 2.
5. 통계청, 『2009 어업생산동향조사』, 2009.
6. Amemiya, T., “Tobit Models: A Survey”, *Journal of Econometrics*, 24, 1984.
7. Anderson, J. L., “Market Interactions between Aquaculture and the Common-Property Commerical Industry”, *Marine Resource Economics*, 2, 1985.
8. _____, “Aquaculture and the Future: Why Fisheries Economists Should Care”, *Marine Resource Economics*, 17, 2002.
9. Anderson, J. L. and J. E. Wilen, “Implications of Private Salmon Aquaculture on Prices, Production, and Management of Salmon Resources”, *American Journal of Agricultural Economics*, 68, 1986.
10. Asche, F. and S. Tveterås, “On the Relationship between Aquaculture and Reduction Fisheries”, *Journal of Agricultural Economics*, 55, 2004.
11. Greene, W. H., *Econometric Analysis*, 5th ed, New Jersey, Prentice Hall, 2003.
12. Hannesson, R., “Aquaculture and Fisheries”, *Marine Policy*, 27, 2003.
13. Heckman, J. J., “hadow Prices, Market Wages, and Labor Supply”, *Econometrica*, 42, 1974.
14. Hoagland, P., D. Jin and H. Kite-Powell, “The Optimal Allocation of Ocean Space: Aquaculture and Wild-Harvest Fisheries”, *Marine Resource Economics*, 18, 2003.

15. Kristofersson, D. and J. L. Anderson, "Is There a Relationship between Fisheries and Farming? Interdependence of Fisheries, Animal Production and Aquaculture", *Marine Policy*, 30, 2006.
16. Mikkelsen, E., "Aquaculture-Fisheries Interactions", *Marine Resource Economics*, 22, 2007.
17. Naylor, R. L., R. J. Goldburg, J. H. Primavera, N. Kautsky, M. C. M. Beveridge, J. Clay, C. Folke, J. Lubchenco, H. Mooney and M. Troell, "Effect of Aquaculture on World Fish Supplies", *Nature*, 405, 2000.
18. Train, K., *Discrete Choice Methods with Simulation*, Cambridge, Cambridge University Press, 2003.
19. Ye, Y. and J. R. Beddington, "Bioeconomic Interactions between the Capture Fishery and Aquaculture", *Marine Resource Economics*, 11, 1996.
20. 통계청, 국가통계포털(<http://www.kosis.kr>)