

넙치양식장 환경에 따른 생산성에 관한 연구[†]

어 윤 양

An Environmental Effect on Productivity of Flounder Culture Farms

Youn-Yang Eh

Abstract

Water temperature of Oliver flounder farm affects Oliver flounder growth and mortality rate. In laboratory experimental tanks, optimal water temperature was 22.5° C(21~24° C) and cultivatable water temperature was 12~28° C. The purpose of this study is to identify applicable and useful water temperature of Oliver flounder farm in case of actual farming. The data applied in the analysis was collected from Jeju island.

In the study, various analytical methods including productivity analysis, regression analysis, statistical analysis were conducted for 13 Oliver flounder culture farms.

The result of analysis can be summarized as follows :

First, growth rate on the Oliver flounder culture farms was related to mean of water temperature, variation of water temperature and low water temperature.

Second, survival rate on the Oliver flounder culture farms was related to mean of water temperature. In case of including Oliver flounder stocking density, defined as the surface area of Oliver flounder per m² of water surface area, survival rate strongly related to mean of water temperature, variation of water temperature, cultivating capability and stocking density.

Third, production weight per m² of water surface area was strongly related to mean of water temperature, low water temperature and cultivating capability. Growth rate and survival rate was analyzed into mediate variable character.

Key words : Productivity of Oliver flounder culture farm, Growth rate of Oliver flounder, Stocking density rate, Survival rate of Oliver flounder

접수 : 2011년 12월 16일 최종심사 : 2011년 12월 26일 게재확정 : 2011년 12월 28일

[†]이 논문은 2006학년도 부경대학교 연구년 지원사업에 의해 연구되었음.

부경대학교 경영학부 교수(051-629-5723, ehyy@pknu.ac.kr)

I. 연구의 배경

양식기술의 발전으로 해산어 양식생산량은 해마다 증가하여 2009년 131천톤을 생산하였으며, 그 중 대부분은 넙치와 조피볼락이 차지하고 있다. 특히 넙치양식은 종묘생산으로부터 양성까지 모든 과정의 완전양식이 성공하여 1999년 21천톤 생산에서 2004년 23천톤, 2009년에는 54천톤을 생산하고 있어 해산어 양식의 40% 이상을 차지하는 중요한 양식산업이다. 넙치양식의 양식지역은 전국적으로 분포하고 있지만, 제주도가 2009년 기준으로 30천톤을 생산하여 넙치생산량의 56% 정도를 차지하고 있다. 2006년 넙치양식장을 양식방법과 경제성 자료들을 이용하여 군집분석해 본 결과 우리나라의 넙치양식장은 완도를 중심으로 한 남해안 일원, 동해안 그리고 제주도로 뚜렷하게 구분되었다¹⁾.

이러한 기존연구는 넙치양식상의 경제성이 양식 환경에 의하여 영향을 받으며 양식장의 생산성에 양식장의 입지가 중요하다는 것을 보여주고 있다.

어류양식장의 환경적 요인에 따른 양식장의 생산성에 대한 문제는 산업차원에서 경쟁력뿐만 아니라 개별 양식장의 경쟁력 차원에서도 중요한 문제이다. 양식업의 경쟁력에 연계된 핵심적 성공요인은 생산성이며, 생산성 확보는 양식에 적합한 자연조건, 속성장과 질병에 강한 품종의 육종, 고효율 사료개발, 양식장의 효율적 운영 등 다양한 요소에 의하여 확보된다고 할 수 있다. 이러한 요인 중에서 양식장의 경우 타 양식장과 차별적인 경쟁요소는 양식장의 입지에 따른 환경적 요인이라고 할 수 있다. 양식장 입지의 차이는 비용차이뿐만 아니라 판매에도 영향을 미친다. 제조업의 경우에는 입지에 따른 비용구조의 성격이 경쟁력에 영향을 미치지만, 양식업의 경우에는 환경적 요소에 따라 비용구조의 성격이

변할 뿐만 아니라 양식장의 생산성도 달라지기 때문에 입지에 따른 환경적 요인은 양식업의 경우가 더욱 중요하다고 할 수 있다. 양식업의 경우 입지에 따른 환경적 요인을 양식에 영향을 미치는 자연적 요인과 사회적 요인으로 구분하여 생각할 수 있으나, 본 연구에서는 양식업종간의 분석이 아닌 개별 넙치양식장을 대상으로 분석하고자 한다. 넙치양식의 경우 환경적 요인으로 가장 중요한 것은 수질환경이며, 넙치 육상양식장의 경우 넙치양식의 생산성에 가장 큰 영향을 미치는 것은 수질환경 중 수온이다. 양식 환경이 넙치양식에 어떠한 영향을 미치는가에 대한 연구는 모형수준에서 다양한 연구가 진행되었고, 그 결과 양식조건에 대해서는 비교적 잘 알고 있다. 그러나 복잡시스템성격을 가지는 실제 양식장에서 양식환경요인에 대한 연구는 이루어지지 않았다. 양식환경요인 중 가장 중요한 넙치 양식장의 적정 수온과 양식한계수온에 대한 연구 또한 수행되었으며, 이에 따라 양식장의 입지도 선정되고 있다. 그러나 양식장 수온에 따른 생산성에 대한 연구는 실험수조 수준에서 이루어져 왔고, 양식장 현장에서의 생산성에 대한 연구는 이루어지지 않았다. 따라서 양식장의 수온에 따른 생산성에 대한 연구는 양식공학적인 관점에서 이루어졌고 연구 내적 타당성도 확보되었으나, 양식현장에서 일반화하고 연구의 결과를 적용하기에는 관리적 관점에서 한계가 있으며, 연구 외적 타당성도 확보되지 않은 상태이다.

양식현장을 대상으로 한 양식장 환경에 따른 생산성에 대한 연구가 이루어지지 않은 이유는 다음과 같이 유추할 수 있다. 첫째는 실제 양식장에서 양식장 환경에 따른 생산성에 대한 설명력을 높이기 위해서는 현장에서의 적절한 자료가 얻어져야 하는데, 이러한 자료를 확보하기가 경제적인 이유 또는 현실적인 어려움이 있기 때문이다. 둘째는 연구대상에 대한 설명력이 높은

1) 국립수산물과학원, 양식품종별 경제성분석, 2005. 12, pp.142-144.

타당한 변수의 척도와 연구방법론이 설정되지 못한 데 기인한다.

본 연구는 넙치 육상수조식 양식장의 양식환경 중 가장 중요한 변수인 수온을 중심으로 양식장의 생산성을 분석하였다. 제주도는 넙치의 생산지 중에서 완도나 다른 지역과는 달리 지하해수를 이용하여 양식장의 수온변동이 상대적으로 적어서 넙치 양식장 환경 측면에서 최적의 입지조건을 가지고 있다. 본 연구에서는 우리나라 넙치 육상양식장 중에서 가장 큰 비중을 차지하는 제주도의 13개 넙치양식장을 대상으로 넙치 양식장의 생산성을 살펴보고자 하였다.

본 연구에서는 양식장의 수온에 따른 생산성 분석을 위하여 양식장의 수온에 대한 조작적 정의의 하고 종속변수로 선정한 생산성에 대한 개념적 검토를 한 후, 이러한 개념을 기반으로 하여 실증적 검증을 하였다. 또한 양식장의 생산성에 영향을 미치는 밀식에 대한 것을 수온과 함께 분석함으로써 수온이 밀식과 어떠한 관계에 있는지를 분석하였다. 이러한 연구의 결과는 양식장의 환경적 입지요인에 대한 이해력을 높일 뿐 아니라 양식장의 생산성에 대한 새로운 관점을 제시함으로써 향후 이러한 연구에 대한 기초가 될 수 있을 것으로 생각한다.

본 연구의 구성은 다음과 같다. II장에서는 양식장의 수온에 따른 생산성을 분석하는 데 사용된 조작적 개념을 제시하고 그 이론적 근거에 대하여 살펴보았다. III장에서는 자료를 중심으로 실증적 분석을 하여 그 결과를 기술하였으며, 마지막으로 IV장에서는 연구결과를 요약하면서 모형의 한계점과 앞으로의 연구에 대하여 언급하였다.

II. 양식환경과 생산성에 대한 이론적 검토

1. 양식환경

양식 환경은 양식에 관련된 환경적 요인에 초

점을 맞춘 개념이라면 양식장의 입지선정요인은 양식장의 지리적 장소를 결정하는 데 영향을 미치는 환경적 요인 뿐 아니라 사회 경제적 요인을 포함하는 개념이므로 입지선정요인은 양식장의 환경요인보다는 좀 더 넓은 의미로 사용된다. 그러나 입지결정요인 중에서 입지대안에 같은 영향을 미치는 것은 제외하고 차별적인 영향을 미치는 것만 분석하므로 우리나라에서 넙치 양식장의 입지결정을 하는 경우 양식 환경은 양식장의 입지선정요인과 실질적으로 같은 의미를 가진다고 할 수 있다.

넙치양식장의 환경요인은 넙치의 성장과 생존율, 그리고 양식비용에 영향을 미친다. 넙치양식장이 대부분 육상양식장인 것은 육상양식장이 가지는 장점이 크기 때문이다. 즉 육상수조식 양식은 넙치의 채색, 먹이섭취활동, 유영 등의 관찰이 용이해서 효율적인 사육관리가 가능하며, 저서생활을 하는 넙치의 생태에 적합하고 수온, 염분, 용존산소량 및 빛 조절 등의 환경요인 제어가 용이하다는 장점이 있다. 그러나 양식장 부지 선정에 따른 비용이 크게 발생하고, 양식장의 사육수조와 양수 펌프 등의 설비비용과 유지관리비용이 추가적으로 발생하며, 정전과 같은 사고로 인하여 폐사가 발생할 수 있다는 위험성이 있다는 단점도 있다.

넙치양식장의 양식환경을 고려할 경우 양식장의 생물학적 적지로서는 넙치를 빠르게 성육시키기 위하여 되도록 적수기간이 길어야 하고, 용존산소량이 풍부한 해수의 사용이 가능한 곳, 하천수의 유입 등으로 염분의 저하가 극단적으로 나타나지 않는 곳, 적조와 현탁생물 등의 오염물질이 없는 청정한 곳이 좋다. 그러나 양식장의 생물학적인 적지 조건이 완전하게 충족되지 않는 경우가 현실적으로 대부분이기 때문에 부족한 양식환경을 보정하기 위한 양식비용이 발생하게 된다. 양식장의 입지 적지로서는 해안가 가까운 곳에서 대지구입이 용이한 곳, 해면과 수위차가 적어 양수경비가 적게 소요되는 곳, 교통이

〈표 1〉 넙치 육상수조식 양식환경

항목	동해안지역	서해안지역	남해안지역	제주도지역
최저수온(°C)	8~11	13~14	4~9	10~11
최고수온(°C)	27~28	24~26	22~29	26~31
DO(mg/L)	5.5±0.7	7.1±1.0	6.7±1.2	6.5±1.2
환수율	24.5±4.2	10.0±1.6	17.3±8.8	18.8±2.6

자료 : 국립수산물과학원, 넙치양식표준지침서, 2006.

편리하여 사료와 자재의 반입이 용이한 곳, 태풍 등의 자연재해를 받지 않는 곳, 시장이 가까워 활어 출하가 유리한 곳이 좋다.

넙치양식장의 입지결정에 영향을 미칠 뿐만 아니라 양식장의 생산성에도 중요한 환경요인은 수온과 용존산소라고 할 수 있다. 우리나라의 넙치양식장이 있는 지역의 양식환경의 조사결과는 다음 〈표 1〉과 같다.

이 자료를 보면 지역간에 차별성이 큰 것은 환수율과 수온이라고 할 수 있다. 환수율은 입지환경적 요소와 관련이 있지만, 직접적인 요인이기보다는 간접적인 관리적 요인이므로 생산성 측면에서 가장 중요한 환경요인은 양식장의 수온이라고 할 수 있다.

2. 넙치 양식장 양식환경과 생산성

넙치양식장의 양식환경에 대한 생물학적 연구는 1980년대부터 이루어지기 시작하여 많은 연구가 이루어졌다²⁾. 양식환경에서 가장 중요한 양식환경 요소인 수온의 경우 넙치의 성장이 가장 잘 이루어지는 적정 양식수온 즉 적수와 성장이 이루어지지 않는 온도, 그리고 생존에 영향을 미치는 한계온도 등도 잘 알려져 있다. 기존의 연구에 따르면 수온은 21~24°C에서 가장 성장이 좋으며, 당해 연도에 성장하는 넙치의 경우는 비교적 고온에 강하나, 수온이 28°C 이상 올라가면 먹이섭취량이 저하하며 성장이 되지 않고 오

히려 체중이 줄어드는 경향이 있다. 그리고 고수온이 길어지는 경우는 사망률이 급속하게 증가한다고 알려지고 있다³⁾. 수온이 12°C 이하가 되면 섭취량이 줄어들고 성장률이 저하한다고 알려지고 있다. 저온의 경우는 질병 발생률이 낮아져 고온의 경우보다 생존율이 높다고 연구되고 있다. 이러한 기존의 생물환경의 관점에서 연구를 정리하여 보면 성장률은 적수온의 범위에 가까울수록 높고, 한계온도범위 12°C 이하 또는 28°C 이상이 되면 성장률은 멈추거나 오히려 낮아지게 되며, 생존율도 한계온도범위를 벗어나게 되면 급격하게 낮아진다는 것이다. 그러나 이러한 연구의 결과는 양식장의 양식환경 또는 양식장의 입지선정에 중요한 요소이기 하지만, 양식장의 환경이 생산성에 어떠한 영향을 미치는가를 분석하기에는 관리적 관점에서 다음과 같은 한계가 있다.

첫째, 넙치양식장의 양식환경을 고려하여 입지선정을 하는 경우에 적수온도 범위에 맞는 양식장을 선정하기란 현실적으로 불가능하다. 그러므로 양식장의 양식환경을 고려하여 입지선정을 하는 경우에 적용가능한 관리적 기준이 필요한데, 생물학적인 연구는 이러한 정보를 제공하기에는 한계가 있다.

둘째, 양식장의 양식수온이 양식한계범위를 벗어나게 된 경우에 대부분의 양식장에서는 양식온도범위 구간에서만 양식을 하여 양식기간

2) 장영진, 수산해양 국내문헌정보, 2001. 참조.

3) 연구보고에 따르면 변화가 없는 일정한 높은 온도보다는 한계수온보다는 낮은 온도에서 온도의 변화정도가 큰 경우 생존율이 더 낮아진다는 연구도 있다.

을 줄이거나 가운을 하여 양식기간을 늘이는 방법을 사용한다. 이 경우 양식장의 수온은 입지의 여부를 결정하는 조건이 아니라 생산성 또는 비용의 문제가 되므로 적수범위(21~24°C)를 벗어나는 경우 생산성과 관련된 적절한 양식온도 범위를 찾는 것이 중요하다. 이 경우에 생물학적인 환경 분석은 한계가 있으며 학제적 관점에서 경제적 분석과 적절하게 연계되어야 한다.

양식장의 생산성에 가장 크게 영향을 미치는 것은 양식장의 수온 수질과 같은 양식환경, 양식 어류의 질병 저항력 및 사료효율과 관련된 생물적 특성 그리고 밀식, 사료사용 등과 관련된 관리방법 등의 세 가지를 들 수 있다. 이러한 세 요소는 서로 독립적으로 구분하여 생각하기는 어렵다. 왜냐하면 양식장에서 수온이 낮은 경우 질병 발병이 낮으므로 상대적으로 밀식을 하는 경우가 많고 수온이 높은 경우에는 절식을 하여 생존율을 높이려고 하므로 이러한 생산성에 관계된 세 조건들은 서로 연계되어 있기 때문이다. 그러므로 양식장 생산성 제고는 이러한 세 조건이 효율적으로 결합되어 시너지 효과가 있어야 가능하다.

연구방법 측면에서 수온에 따른 양식의 효과만을 분석을 하기 위해서는 대상 양식장의 수온을 제외한 다른 변수 즉, 양식조건과 생물적 효율(예를 들어 성장률, 생존율, 사료효율 등)이 차이가 없다는 것이 가정되어야 한다. 그러나 이러한 연구는 연구의 통제성 측면에서 현실적으로 불가능하다. 그러므로 대부분의 연구에서는 이러한 요인을 고려해 설명력을 높이기 위한 연구 방법설계를 한다.

양식장의 수온이 양식장의 어류 성장에 어떠한 영향을 미치는가 하는 문제와 수온이 양식장의 생산성에 어떤 영향을 미치는가 하는 문제는 엄밀한 의미에서 서로 다르다. 넙치 육상양식장의 효율적 이용에 대한 척도, 즉 양식장의 생산성은 생물적 성장에 관련된 척도와 경제적인 관점에서의 척도로 나누어 생각할 수 있다. 산출/

투입의 생산성에 대한 정의에 따르면 양식장의 생물적 관점의 생산성은 단위기간 동안의 수조 면적당 생산량으로 생각할 수 있으며, 경제적 관점에서의 생산성은 투입자원의 비용에 따른 매출액이라고 할 수 있을 것이다.

생물적 관점에서의 생산성과 경제적인 관점에서의 생산성의 척도는 서로 다르지만 그 본원적 성격은 어떻게 효율적으로 생산하여 높은 가격을 받고 판매할 것인가라고 할 수 있다. 즉 넙치육상양식장의 생산성은 양식장을 효율적으로 이용하여 양식한 후 최고의 수익을 올리는 것으로 연결되어진다. 수익은 가격과 비용의 차이에 의하여 발생하므로 양식장의 효율적 이용은 투입비용의 감소와 산출물의 가치 향상의 관리적 문제로 바뀌어진다. 이러한 넙치 육상양식장의 생물적, 경제적 생산성에 가장 크게 영향을 미치는 요소는 매출을 결정하는 넙치의 출하가격, 양식넙치의 중량, 단위면적당 출하량이다. 출하가격은 직접적 성과변수로 볼 수가 없으므로, 생산성의 측정은 양식넙치의 중량과 단위 면적당 생산량이 중요한 성과변수이며, 이것은 넙치의 성장률과 생존율에 의하여 결정되어진다. 그러므로 관리적 관점에서 생산성 측정에 가장 유용한 변수는 성장률과 생존율을 분석하는 것이 내용적 타당성이 있다고 할 수 있을 것이다. 양식환경의 변수인 수온과 생산성의 대리변수인 단위 면적당 생산량과의 관계에 성장률과 생존율은 매개변수 또는 과정변수적인 성격을 가진다. 본 연구에서는 생산성의 대리변수로 성장률과 생존율을 선정하고 이 변수가 환경요인과 어떠한 관계에 있는가를 분석하였다. 경제적 관점에서도 넙치 양식장의 생산성을 높이는 가장 중요한 요인은 사료효율(성장률)을 높이고 생존율을 높이는 것이라고 할 수 있다. 왜냐하면 생존율과 사료효율을 높이면 사료비용은 줄어들고 성장률이 높아지게 되며, 생존율 증가에 따라 단위 면적당 출하량이 증가하기 때문이다.

Ⅲ. 양식장 수온과 생산성의 관계에 대한 실증분석

1. 자료의 수집과 분석방법

본 연구에서 분석하고자 하는 넙치 양식장의 양식환경과 생산성에 대한 연구는 앞장에서 검토한 바와 같이 양식환경에서 가장 중요한 수온을 중심으로 생산성을 분석하였다. 수온이 양식장의 생산성에 어떠한 영향을 미치는가를 검토하기 위해서는 수온외에 양식장의 생산성에 영향을 주는 변수에 대하여 통제를 하고, 이에 따른 생산성을 측정하여야 한다. 이러한 엄밀한 연구설계는 실험실수준에서도 어려운 문제이므로 실제 양식장을 대상으로 이러한 연구를 한다는 것은 현실적으로나 비용 면에서 불가능한 일이다. 본 연구에서는 국립수산물학원에서 제주지역의 넙치양식장을 대상으로 2005년에 실태조사한 결과를 이용하여 실증분석하였다.

연구의 대상인 넙치양식장은 제주지역의 13개 넙치 양식장이 선정되었다. 이것은 지역적으로 인접한 지역의 양식장을 선정함으로써 수온 외의 양식환경의 차이에 따른 노이즈를 통제하기 위해서이다. 대상 양식장의 규모는 1000㎡ 이하가 4개, 1000㎡에서 2000㎡ 사이의 규모가 5개, 2000㎡ 이상이 4개로 제주도 각 지역별로 선정되었다. 대부분 수질은 양호하였으며 수량도 풍부한 편이었다. 양식장간 양성기간도 대부분 비슷하여 분석에 큰 문제가 없는 것으로 판단되었다.

실증연구는 생산성에 관련된 변수로 수온과 관련된 변수를 설정하고, 수온에 대한 관리적 관점에서 조작적 변수정의를 한 후 성장률과 생존율을 생산성의 대리변수로 설정하였다. 설정 변수 사이의 관계를 일차적으로 상관관계분석을 통하여 살펴보고, 이를 기초로 회귀분석과 분산분석 등을 이용하여 변수들 간의 관계를 분석하였다. 환경요인으로 수온을 검토한 후, 생산성에

영향을 미칠 것으로 판단되는 밀식을 변수에 포함하여 전체적으로 생산성을 분석하였다.

2. 분석결과

1) 변수의 설정

양식장의 수온이 양식에 적합한가를 측정하는 것은 양식장의 적수온도 범위에 양식장의 수온이 포함되는 일수를 변수로 정의하는 경우가 내용적 타당성이 높다고 할 수 있다. 그러나 이 변수는 현실적으로 획득하기도 어려울 뿐 아니라 관리적 적용의 측면에서는 유용성이 낮다. 본 연구는 수온에 따른 생산성을 분석하는 것이 일차적 목적이므로 독립변수는 수온에 관련된 변수로 최고온도와 최저온도를 우선적으로 선정하였다. 최고온도와 최저온도를 이용하여 연구의 성격에 맞는 조작적 변수를 다음과 같이 정의하였다. 일반적으로 변수의 특성을 분석하기 위하여 기술통계적으로 이용하는 것은 변수의 중심과 산포의 정도이다. 본 연구에서는 양식장의 평균수온을 최저온도와 최고온도의 평균으로 조작적 정의를 하였다. 양식장 수온의 산포를 나타내는 변수는 다음과 같은 여러 개념을 이용하여 정의하였다. 이러한 다양한 변수의 설정 이유는 어떠한 변수가 관리적 측면에서 설명력이 높은 변수인가를 분석하기 위함이다.

범위 : 최고온도와 최저온도의 차이

분산 : 변수에 대한 측정치가 없는 경우에는 실제적으로 분산을 얻을 수가 없다. 본 연구에서는 최저온도와 최고온도만 주어진 변수의 성격을 고려하여 배타분포 특성을 이용해 변수를 정의하였다.

(최고온도 - 최저온도)²/6

변동정도 : 수온의 변동정도는 적수온도의 범위에서 수온이 벗어나는가에 대한 것이라고 정의한다면 이는 관리도에서 공정능력을 평가하는 척도로 이용되는 공정능력지수(Process Capability Index ; Cp)의 개념을 적용할 수 있다⁴⁾.

4) 김연성 외 6인, 글로벌 품질경영, 박영사, 2011, p.474.

본 연구에는 수온의 변동정도를 다음과 정의하였다.

(최고온도 - 최저온도)/3(적수온도 21°C와 24°C의 차이)

생산성의 척도로 가장 내용적 타당성이 높은 변수는 앞장에서 살펴본 바와 같이 단위면적당 생산량, 성장률 그리고 생존율이다. 성장률은 측정기간을 표준화하여야 하기 때문에 치어기간까지 포함하여 64주 육성을 기준으로 정의하였다⁵⁾. 생존율은 치어입식 마리수와 출하시기의 마리수 비율로 정의하였다. 성장률과 생존율의 결과변수적인 성격을 가지는 단위면적당 생산량은 출하시기의 출하량을 64주 기준으로 환산하여 이용하였다. 관리적 관점에서 밀식정도는 양식수조 면적 대비 양식넙치의 체면적(이하 체면적율)로 정의하였다⁶⁾.

2) 환경요인과 성장률

환경요인이 생산성에 미치는 영향 정도를 알기 위하여 각 변수들의 상관관계를 계산한 결과는 다음 <표 2>와 같다.

<표 2>에서 성장률과 관계가 높은 변수를 살펴보면 유의 수준 0.1을 기준으로 생존율과 수온의 변동정도가 나타나며, 그 다음으로 최저온도가 유의수준 0.15 수준에서 나타나고 있다. 이러한 변수들 관계를 보면 생존율과 성장률은 정의 상관관계로 수온변동정도와 성장률은 부(-)의 상관관계로 나타나고 있어, 생물학적 연구결과와 일치된 연구결과를 보이고 있다. 최저온도는 온도가 높을수록, 최고온도는 온도가 낮을수록 성장률은 높아지는 관계를 보이고 있지만, 통계적으로 최고온도보다 최저온도가 더 관계가 크고 유의수준도 나은 것으로 나타나고 있다. 이러한 상관관계 분석은 관계의 형태를 알지 못하는

<표 2> 변수들 사이의 Pearson상관계수

구분	성장률	평당출하량	체면적률	최저온도	최고온도	온도범위	생존율	Cp
성장률	1	-.043	-.087	.439	-.128	-.268	.478	-.552
		.890	.777	.133	.677	.376	.099	.051
평당출하량	-.043	1	-.134	.184	.329	.166	.489	.012
	.890		.663	.546	.272	.587	.090	.968
체면적률	-.087	-.134	1	-.691(**)	.446	.600(*)	.291	.265
	.777	.663		.009	.126	.030	.335	.382
최저온도	.439	.184	-.691(**)	1	-.538	-.789(**)	.154	-.542
	.133	.546	.009		.058	.001	.616	.056
최고온도	-.128	.329	.446	-.538	1	.942(**)	.446	-.197
	.677	.272	.126	.058		.000	.127	.519
온도범위	-.268	.166	.600(*)	-.789(**)	.942(**)	1	.263	.072
	.376	.587	.030	.001	.000		.385	.815
생존율	.478	.489	.291	.154	.446	.263	1	-.305
	.099	.090	.335	.616	.127	.385		.311
Cp	-.552	.012	.265	-.542	-.197	.072	-.305	1
	.051	.968	.382	.056	.519	.815	.311	

** 0.01 수준(양쪽)에서 유의.

* 0.05 수준(양쪽)에서 유의.

5) 이에 대한 세부적 과정은 어윤양(2011) 참조.

6) 이에 대한 내용은 어윤양(2011) 참조.

경우 설명력이 낮아진다는 한계가 있다. 그러므로 변수들 간의 관계를 알기 위해서는 변수들 간의 관계를 더 세부적으로 분석하고, 선형관계모형의 적용에서 나타나는 한계점을 고려하여 변수들 간의 관계를 플로팅하여 살펴보는 것이 매우 중요하다.

성장률에 영향을 미치는 변수로 생각되는 온도와 관계를 backward 방법으로 회귀분석한 결과는 <표 3>, <표 4>와 같다. <표 3>의 결과를 보면 모형 2의 경우가 수정된 R² 값이 0.273으로 나타나고 있고, 모형의 분산분석의 유의수준도 0.125로 가장 낮으므로 가장 타당성이 있는 회귀모형으로 생각된다. 이 결과에 따르면 성장률에

영향을 미치는 변수는 온도분산, 평균온도, 최저온도인 것으로 나타나고 있다. 이것은 <표 4>의 성장률에 대한 회귀모형의 계수를 살펴보면 모형 2의 경우에 변수에 대한 유의확률이 평균온도는 0.068, 온도분산은 0.075로 의미있게 나타나지만 최저온도는 0.111로 0.1 유의수준에서는 의미가 있다 하기가 어렵다.

<표 4>에서 모형 2의 경우 베타 계수를 보면 평균온도가 높을수록 온도분산은 작을수록 성장률이 높아진다는 것은 생물학적 연구와 일치되는 타당한 결과라고 할 수 있다. 왜냐하면 양식장의 수온이 대부분 20°C 내외로 적정수온(21~24°C)보다 낮기 때문에 평균온도가 높아질수록, 온도변동이 낮을수록 성장률이 높아진다는 것은 내용적 타당성이 있으나, 최저온도의 경우에는 낮을수록 생산성이 높아진다는 것은 내용 타당성이 없어 보인다. 선형모형이 가지는 한계가 변수간의 비선형관계에 있으므로, 모형의 타당성 분석을 위하여 최저온도와 평균온도 온도분산에 따른 성장률 함수를 분석한 결과는 <표 5>, <표 6>, <표 7>과 같다. 이 결과를 보면 평균

<표 3> 온도에 따른 성장률 회귀모형 결과

모형	R	R ²	수정 R ²	추정값의 표준오차	분산분석 유의확률
1	.680(a)	.462	.193	.0009427	.238
2	.675(b)	.455	.273	.0008948	.125
3	.515(c)	.266	.119	.0009853	.213
4	.336(d)	.113	.033	.0010325	.261
5	.000(e)	.000	.000	.0010497	

<표 4> 성장률 회귀모형의 계수

모형		비표준화 계수		표준화 계수 베타	t	유의확률(p)
		B	표준오차			
1	(상수)	.004	.021		.195	.850
	최저온도	-.003	.003	-2.896	-1.163	.278
	온도변동정도	.000	.001	-.188	-.331	.749
	평균온도	.003	.003	2.277	1.078	.312
	온도분산	-.001	.000	-3.946	-1.212	.260
2	(상수)	-.002	.008		-.252	.806
	최저온도	-.004	.002	-3.380	-1.768	.111
	평균온도	.004	.002	2.794	2.075	.068
	온도분산	-.001	.000	-4.660	-2.014	.075
3	(상수)	.000	.009		-.032	.975
	평균온도	.001	.000	.473	1.441	.180
	온도분산	-7.922E-05	.000	-.603	-1.838	.096
4	(상수)	.013	.001		15.988	.000
	온도분산	-4.422E-05	.000	-.336	-1.185	.261
5	(상수)	.012	.000		41.571	.000

a 종속변수 : 성장률

〈표 5〉 최저온도와 성장률에 적용된 함수의 결과

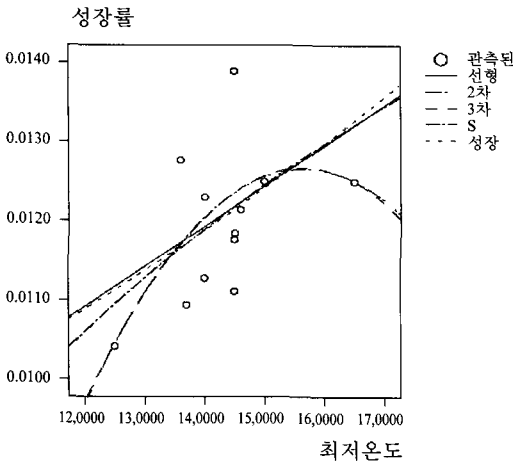
성장률	적용함수	R ²	d.f.	F	p	b0	b1	b2
온도	선형	.193	11	2.63	.133	.0048	.0005	
온도	2차	.286	10	2.00	.186	-.0415	.0069	-.0002
온도	성장	.214	11	2.99	.112	-5.0483	.0440	

〈표 6〉 평균온도와 성장률에 적용된 함수의 결과

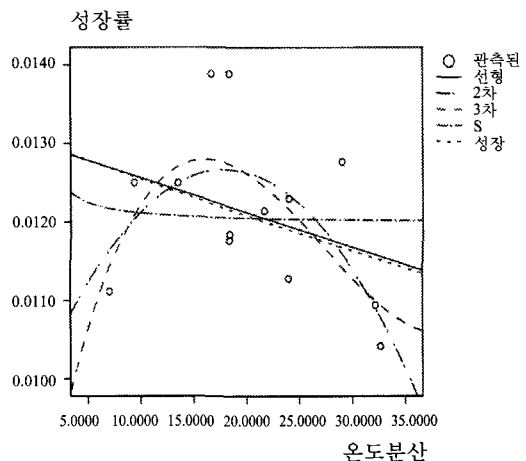
성장률	적용함수	R ²	d.f.	F	p	b0	b1	b2
온도	선형	.018	11	0.20	.665	.0082	.0002	
온도	2차	.155	10	0.92	.431	-.1941	.0214	-.0006
온도	성장	.021	11	0.23	.641	-4.7668	.0177	

〈표 7〉 온도분산과 성장률에 적용된 함수의 결과

성장률	적용함수	R ²	d.f.	F	p	b0	b1	b2	b3
온도	선형	.113	11	1.40	.261	.0130	-.00005		
온도	2차	.408	10	3.45	.072	-.0099	.0003	-9.E-6	
온도	3차	.429	9	2.25	.151	-.0077	.0007	-3.E-5	-4.0E-7
온도	성장	.122	11	1.54	.241	-4.3046	-.0038		



〈그림 1〉 최저온도에 따른 성장률



〈그림 2〉 온도분산에 따른 성장률

온도는 성장률에 의미 있는 특정 형태의 함수형태는 존재하지 않는 것으로 판단된다. 하지만 최저온도와 온도분산의 경우를 살펴보면 최저온도의 경우에는 2차함수인 경우가 유의수준은 0.186으로 크지만 R² 값이 0.286으로 제일 크며, 온도분산의 경우에는 R² 값은 0.408로 3차함수인 경우보다 조금 낮지만 유의수준은 0.072로 의미 있게 나타나고 있다.

이 변수들에 대한 특성을 보기 위하여 최저온도와 온도분산에 따른 성장률을 플로팅한 결과는 〈그림 1〉, 〈그림 2〉와 같다. 〈그림 1〉을 보면 최저온도가 높아질수록 성장률은 높아지며 온도가 높아질수록 분산의 정도가 커지는 형태를 보이는 것으로 보아 최저온도가 높아질수록 성장률이 높아지지만 변동의 크기는 커지는 것으로 볼 수 있다. 〈그림 2〉를 보면 온도분산이 커질

수록 성장률은 낮아지는 형태가 더 타당해 보인다. 이상의 관계를 더 확실하게 보기 위해서는 분포의 적합도 검정을 위한 정도의 자료가 있으면 가능하나 자료의 한계로 더 이상 분석하는 것은 어렵다. 그러나 분석자료의 결과만으로 성장률은 평균온도가 적수온도에 근접할수록 최저온도가 높을수록 온도분산은 낮을수록 높아진다는 잠정적인 분석결과를 얻을 수 있다.

성장률에 영향을 미치는 변수로 온도외에 밀식의 정도를 나타내는 체면적률을 고려한 경우

〈표 8〉 체면적률을 포함하는 경우 성장률 회귀모형 결과

모형	R	R ²	수정 R ²	추정값의 표준오차	분산분석 유의확률
1	.721(a)	.519	.176	.0009529	.298
2	.718(b)	.516	.274	.0008946	.168
3	.675(c)	.455	.273	.0008948	.125
4	.515(d)	.266	.119	.0009853	.213
5	.336(e)	.113	.033	.0010325	.261
6	.000(f)	.000	.000	.0010497	

예측값 : (상수), 체면적률, 평균온도, 온도변동정도, 최저온도, 온도분산

b 예측값 : (상수), 체면적률, 평균온도, 최저온도, 온도분산

c 예측값 : (상수), 평균온도, 최저온도, 온도분산

d 예측값 : (상수), 평균온도, 온도분산

e 예측값 : (상수), 온도분산

f 예측값 : (상수)

의 회귀모형 분석결과는 〈표 8〉과 같다. 〈표 3〉의 결과와 비교하여 보면 체면적률을 변수로 추가한 경우인 모형2와 체면적률이 제외된 모형3을 대비하여 볼 때 R² 값이 0.455에서 0.516으로 더 높은 것으로 나오나 수정 R²을 보면 큰 차이가 없어 보이며 유의수준으로 보면 모형3이 더 의미 있는 것으로 보인다. 이 값으로 보면 성장률에 체면적률이 영향은 있으나 선형적인 관계는 아닌 것으로 판단할 수 있다.

3) 환경요인과 생존율

생존율과 관계가 높은 변수를 〈표 2〉에서 유의수준 0.1을 기준으로 보면 단위면적당 생산량

〈표 9〉 온도에 따른 생존율 회귀모형 결과

모형	R	R ²	수정 R ²	추정값의 표준오차	분산분석 유의확률
1	.701(a)	.492	.238	.0512491	.198
2	.693(b)	.480	.307	.0488807	.103
3	.644(c)	.414	.297	.0492176	.069
4	.628(d)	.395	.340	.0477096	.021

a 예측값 : (상수), 온도분산, 온도변동정도, 평균온도, 최저온도

b 예측값 : (상수), 온도분산, 온도변동정도, 평균온도

c 예측값 : (상수), 온도분산, 평균온도

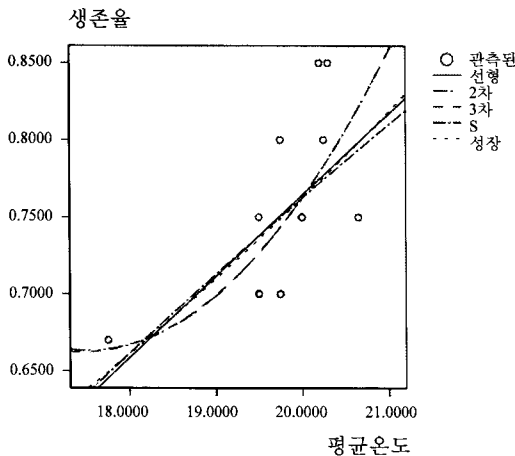
d 예측값 : (상수), 평균온도

〈표 10〉 생존율 회귀모형 계수

모형		비표준화 계수		표준화 계수 베타	t	유의확률(p)
		B	표준오차			
1	(상수)	-1.504	1.126		-1.335	.218
	최저온도	-.068	.157	-1.047	-.433	.677
	온도변동정도	.035	.033	.596	1.078	.313
	평균온도	.170	.172	2.029	.989	.352
	온도분산	-.014	.023	-1.848	-.584	.575
2	(상수)	-1.224	.880		-1.391	.198
	최저온도	.098	.043	1.172	2.295	.047
	평균온도	.027	.025	.455	1.067	.314
	온도분산	-.004	.003	-.491	-1.173	.271
3	(상수)	-.424	.463		-.916	.381
	평균온도	.061	.025	.724	2.472	.033
	온도분산	-.001	.002	-.170	-.580	.575
4	(상수)	-.290	.389		-.746	.471
	온도분산	.053	.020	.628	2.679	.021

이 상관계수 0.489, 생존율이 상관계수 0.478로 나타나고, 최고온도 상관계수는 0.446 (유의수준 0.127)으로 나타나고 있다. 이러한 변수들 관계를 보면 생존율과 단위면적당 생산량이 정 (+)의 상관관계로 기존의 연구결과와 일치된 연구결과를 보이고 있다.

생존율에 영향을 미치는 변수로 생각되는 온도와 관계를 backward 방법으로 회귀분석한 결과는 <표 9>, <표 10>과 같다. <표 9>의 결과를 보면 모형 1보다 모형 2의 경우가 R² 값은 0.480, 수정 R² 값은 0.307로 더 유의한 것으로 나타나고 있다. 유의수준과 수정 R² 값을 기준으로 보면 모형 4가 0.340으로 가장 크게 나타난다. 이러한 원인으로 추정할 수 있는 것은 앞에서 살펴본 바와 같이 변수간의 비선형적 관계 때문으로 보인다. 이것은 <표 10>에서 회귀계수가 평균온도 외에는 어떠한 변수도 유의하지 않는 것에서도 나타나고 있다. 모형 4의 경우 모형의 R² 값이



<그림 3> 평균온도에 따른 생존율

0.340으로 비교적 크므로 선형모형이 타당하다고 가정하는 경우 생존율은 평균온도에 가장 큰 영향을 받는 것으로 생각할 수 있다. 이러한 결과는 연구대상의 양식장의 수온이 대부분 생존율에 큰 영향을 받지 않는 온도영역(12~28°C)에서 양식을 하고 있기 때문이라고 판단된다.

평균온도에 따른 생존율을 플로팅한 결과는 <그림 3>과 같다. <그림 3>을 보면 평균온도가 높아질수록 생존율이 높아지며, 온도가 높아질수록 분산의 정도가 조금 커지는 형태를 보이지만 회귀선을 기준으로 보면 큰 차이가 없는 것으로 보인다. 이것은 <표 11>에서 나타나는 바와 같이 모든 함수에서 평균온도와 생존율의 관계가 매우 의미 있는 유의한 수준으로 나타나는 것을 보아도 알 수 있다.

생존율에 영향을 미치는 변수로 온도외에 밀식의 정도를 나타내는 체면적율을 고려한 경우의 회귀모형 분석결과는 <표 12>, <표 13>과 같다. <표 12>의 결과를 보면 모형 2의 수정 R² 값이 0.630, 유의수준 0.015로 매우 의미 있는 결과로 나타났다. 이 값은 온도만을 고려한 경우의 <표 9>의 모형 4의 R² 값 0.340보다 훨씬 높은 값이다. <표 13>의 결과로 보면 변수의 유의수준도

<표 12> 체면적률 포함하는 경우 생존율 회귀모형 결과

모형	R	R ²	수정 R ²	추정값의 표준오차	분산분석 유의확률
1	.870(a)	.756	.582	.0379490	.040
2	.868(b)	.753	.630	.0357272	.015

a 예측값 : (상수), 체면적율, 평균온도, 온도변동정도, 최저온도, 온도분산

b 예측값 : (상수), 체면적율, 평균온도, 온도변동정도, 온도분산

<표 11> 평균온도와 생존율에 적용된 함수의 결과

성장률	적용함수	R ²	d.f.	F	p	b0	b1	b2	b3
온도	선형	.395	11	7.17	.021	-.2903	-.0527		
온도	2차	.432	10	3.80	.059	5.5816	-.5617	0.0160	
온도	3차	.431	10	3.78	.060	3.5448	-.2483		-.0003
온도	성장	.416	11	7.82	.017	-1.6930	.0711		

〈표 13〉 체면적률 포함하는 경우 생존율 회귀모형 결과

모형		비표준화 계수		표준화 계수 베타	t	유의확률(p)
		B	표준오차			
1	(상수)	-2.324	.885		-2.625	
	최저온도	-.035	.117	-.542	-.301	.772
	온도변동정도	.043	.024	.720	1.747	.124
	평균온도	.175	.128	2.080	1.369	.213
	온도분산	-.014	.017	-1.924	-.821	.439
	체면적률	.361	.131	.724	2.755	.028
2	(상수)	-2.190	.720		-3.039	.016
	온도변동정도	.039	.019	.649	2.037	.076
	평균온도	.138	.034	1.642	4.051	.004
	온도분산	-.009	.003	-1.230	-3.120	.014
	체면적률	.365	.123	.732	2.974	.018

a 종속변수 : 생존율

0.1 이하로 매우 의미 있게 나타난다. 이상의 결과로 생존율은 체면적률로 나타나는 밀식의 정도와 평균온도 변동정도와 분산에 의하여 높은 수준으로 설명할 수 있다. 이 값으로 보면 성장률에 체면적률의 영향은 적으나 생존율에는 영향이 매우 크다고 판단할 수 있다.

4) 환경요인과 생산성

양식장의 생산성의 측정은 양식넙치의 크기와 단위면적당 생산량이 중요한 성과변수이며, 이것은 결과적으로 넙치의 성장률과 생존율 그리고 밀식정도에 의하여 결정된다. 그러므로 생산성 변수로 단위면적당 생산량으로 조작적 정의를 내리고, 이에 영향을 미치는 환경적 변수인 온도관련변수, 단위면적당 생산량에 영향을 미치는 과정 변수인 생존율과 성장률 그리고 밀식정도를 나타내는 체면적률을 독립변수로 하여 회귀분석을 한 결과는 〈표 14〉, 〈표 15〉와 같다. 〈표 14〉에서 보면 수정 R² 값은 0.651로 매우 높고, 회귀모형 계수의 유의수준도 0.01 이하로 낮게 나타나 모형 5의 경우가 가장 타당한 것으로 분석된다. 이 분석의 결과에 따르면 R² 값이 0.738로 나타나므로 단위면적당 생산량은 최저온도와 온도변동정도 평균온도에 의하여 74% 정도를 설명할 수 있다는 의미로 매우 중요한 결

〈표 14〉 관련변수를 전부 포함한 평당생산량 회귀분석 결과

모형	R	R ²	수정 R ²	추정값의 표준오차	분산분석 유의확률
1	.881(a)	.777	.465	.0092763	.166
2	.881(b)	.776	.553	.0084791	.078
3	.873(c)	.761	.591	.0081083	.038
4	.864(d)	.747	.620	.0078156	.016
5	.859(e)	.738	.651	.0074903	.006

a 예측값 : (상수), 생존율, 최저온도, 온도변동정도, 성장률, 체면적률, 평균온도, 온도분산

b 예측값 : (상수), 생존율, 최저온도, 온도변동정도, 성장률, 체면적률, 평균온도

c 예측값 : (상수), 생존율, 최저온도, 온도변동정도, 성장률, 평균온도

d 예측값 : (상수), 최저온도, 온도변동정도, 성장률, 평균온도

e 예측값 : (상수), 최저온도, 온도변동정도, 평균온도

과라고 할 수 있다.

성장률과 생존율이 단위면적당 생산량에 위계적 성격을 가지는 과정변수 성격을 가진다는 것은 〈표 16〉의 다중공선성에 대한 분석결과를 보아도 알 수 있다. 모형 5에서의 결과를 보면, 체면적률, 생존율, 성장률의 공선통계량의 값이 0.5 이상으로 높아, 이러한 변수가 과정변수적인 성격을 가진다는 것을 알 수 있다. 이러한 결과를 볼 때, 환경변수로서의 최저온도가 적절하게

<표 15> 관련변수를 포함하는 경우 평당생산량 회귀모형 계수

모형		비표준화 계수		표준화 계수	t	유의확률(p)	
		표준오차	베타				
1	(상수)	-.843.	.375	.875	-.2247	.075	
	최저온도	.012	.032	1.613	.387	.715	
	온도변동정도	.021	.009	1.883	2.361	.065	
	평균온도	.034	.035	-.333	.971	.376	
	온도분산	-.001	.005	.274	-.114	.914	
	체면적률	.030	.050	.369	.586	.584	
	성장률	4.454	5.433	-.512	.820	.450	
	생존율	-.111	.136		-.810	.455	
2	(상수)	-.829	.326		-2.545	.044	
	최저온도	.016	.008	1.123	2.061	.085	
	온도변동정도	.020	.007	1.585	2.720	.035	
	평균온도	.030	.011	1.676	2.674	.037	
	온도분산	.029	.046	.270	.633	.550	
	성장률	4.645	4.726	.385	.983	.364	
	생존율	-.111	.125	-.515	-.892	.407	
	3	(상수)	-.675	.206		-3.271	.014
최저온도		.012	.004	.828	3.074	.018	
온도변동정도		.018	.006	1.368	3.036	.019	
평균온도		.026	.008	1.417	3.117	.017	
성장률		3.325	4.057	.275	.820	.439	
생존율		-.052	.080	-.242	-.658	.532	
4		(상수)	-.579	.141		-4.114	.003
		최저온도	.011	.003	.757	3.181	.013
	온도변동정도	.015	.004	1.172	3.596	.007	
	평균온도	.021	.005	1.172	4.657	.002	
	성장률	1.391	2.694	.115	.516	.620	
	5	(상수)	-.550	.124		-4.439	.002
		최저온도	.011	.003	.768	3.378	.008
		온도변동정도	.014	.004	1.098	3.917	.004
평균온도		.021	.004	1.144	4.858	.001	

높아야 하고 수온의 변동이 적어야 하며, 평균온도가 높아야 양식장의 생산성이 높아진다는 것을 알 수 있으며, 이 결과는 양식장의 입지결정과 생산성 분석에 매우 중요한 의미를 가진다는 것을 알 수 있다.

IV. 결론 및 연구한계

본 연구는 넙치 육상수조식 양식장의 양식환경에 따른 생산성을 분석하였다. 연구대상은 우

리나라 넙치 육상양식장 중에서 가장 생산량이 많은 제주도의 넙치양식장을 대상으로 하였고, 넙치양식장의 생산성에 영향을 미치는 변수로 생존율과 성장률을 선택하여 분석하고 밀식정도에 대한 변수로 체면적률을 선정하여 양식수온과 어떠한 관계가 있는가를 분석하였다.

대상 자료에 대하여 분석한 것에 따르면, 넙치양식장의 양식수온의 조작적 변수로 선정한 베타분포를 이용한 온도분산, 양식장의 양식능력지수인 온도변동정도가 유용한 변수로 나타났

[표 16] 회귀모형 계수의 다중공선성 모형

모형		진입-베타	t	유의확률 (p)	편상관	공선성 통계량 공차한계
1	최고온도	.(a)	.	.	.	.000
	온도범위	.(a)	.	.	.	.000
2	최고온도	.(b)	.	.	.	.000
	온도범위	.(b)	.	.	.	.000
	온도분산	-.333(b)	-.114	.914	-.051	.005
3	최고온도	.(c)	.	.	.	.000
	온도범위	.(c)	.	.	.	.000
	온도분산	-.210(c)	-.076	.942	-.031	.005
	체면적률	.270(c)	.633	.550	.250	.205
4	최고온도	.(d)	.	.	.	.000
	온도범위	.(d)	.	.	.	.000
	온도분산	-.425(d)	-.164	.875	-.062	.005
	체면적률	-.013(d)	-.047	.964	-.018	.461
	생존율	-.242(d)	-.658	.532	-.241	.251
5	최고온도	.(e)	.	.	.	.000
	온도범위	.(e)	.	.	.	.000
	온도분산	-.813(e)	-.361	.728	-.127	.006
	체면적률	.026(e)	.103	.921	.036	.505
	생존율	-.023(e)	-.095	.927	-.033	.530
	성장률	.115(e)	.516	.620	.180	.636

a 모형내의 예측값 : (상수), 생존율, 최저온도, 온도변동정도, 성장률, 체면적률, 평균온도, 온도분산

b 모형내의 예측값 : (상수), 생존율, 최저온도, 온도변동정도, 성장률, 체면적률, 평균온도

c 모형내의 예측값 : (상수), 생존율, 최저온도, 온도변동정도, 성장률, 평균온도

d 모형내의 예측값 : (상수), 최저온도, 온도변동정도, 성장률, 평균온도

e 모형내의 예측값 : (상수), 최저온도, 온도변동정도, 평균온도

f 종속변수: 평당생산량(64주)

다. 대상양식장은 대부분 양식가능온도 범위(12~28°C) 내에서 양식을 하고 있었으며, 양식장 생산성의 대리변수의 성격을 가지는 단위면적당 생산량은 최저온도, 수온변동정도, 평균온도에 의하여 결정됨을 알 수 있었다. 생존율과 성장률은 결과변수인 단위면적당 생산량에 대한 과정변수로서의 성격이 나타났으며, 생산성을 설명하는 유용한 변수로 분석되었다.

성장률은 평균온도가 높을수록, 온도분산이 작을수록 더 높게 나타났다. 온도 외에 밀식의 정도(체면적률)를 고려한 경우 체면적률이 성장률에 영향을 미친다는 것은 통계적으로 유의하지 않았다. 넙치의 생존율은 평균온도에 가장 영향을 크게 받는 것으로 나타났다. 분석결과에 따

르면 평균온도가 높을수록 생존율이 높아지는 것으로 나타났다. 이는 제주도지역의 평균온도가 적수온(21~24°C)에 미치지 못하고 20°C 정도인 것이 그 원인으로 분석되었다. 체면적률을 포함하는 경우 생존율은 체면적률, 평균온도, 온도변동정도, 온도분산 변수에 영향을 받으며, 이 경우 R² 값은 0.753으로 매우 높고, 회귀모형 계수의 유의수준도 0.05 이하로 나타났다.

생산성의 대리변수인 단위면적당 생산량은 최저온도, 온도변동정도, 평균온도가 유의한 변수로 나타났으며, R² 값은 0.738로 매우 높고 분산분석의 유의수준도 0.01 이하로 낮게 나타났다. 이 회귀모형에서 성장률과 생존율은 과정변수적인 성격을 가지는 것으로 분석되었다.

본 연구는 양식환경인 수온이 성장률과 생존율에 영향을 미치고, 궁극적으로는 양식장의 생산성에 영향을 미친다는 기존의 주장에 대하여 어느 정도 타당성이 있는가 하는 검토의 관점에서 이루어졌다. 기존의 양식환경에 대한 연구는 대부분 실험수조 수준에서 이루어진 연구였기 때문에 연구의 내적 타당성은 확보되었지만 외부적 타당성은 부족하였다. 그러나 본 연구는 실제 양식장의 자료를 가지고 분석하였다는 점에서, 즉 외부적 타당성을 가진다는 점에서 큰 의미가 있다. 대상양식장의 수가 적은 관계로 성장률에 대한 분석이 통계적으로 만족스럽게 이루어지지 않았는데, 이는 대상 양식장에 대한 자료 수집의 한계와 선형모형구성의 한계라고 생각된다. 향후 사료 및 양식방법에 대한 변수를 측정하고 모형에서 분석하는 방법을 개발한다면 이해와 설명력을 높이는 데 유의할 것으로 생각한다. 연구결과를 경제적 효과와 연계하여 분석하는 것은 향후 연구과제로 남기고자 한다.

참고문헌

김연성 외 6인, 글로벌 품질경영, 박영사, 2011. 2.

- 국립수산과학원, 넙치양식 표준지침서, 2006. 4.
 국립수산과학원, 양식품종별 경제성분석, 2005. 12.
 박성현, 통계적 품질관리, 대영사, 1985. 3.
 박영병 · 어윤양, 넙치양식의 경제성 분석, 국립수산과학원, 2005. 12.
 어윤양 · 박영병, “우리나라 넙치양식 기술형태별 분석”, 수산경영론집, 제28권 제2호, 2007. 6, pp.106 - 119.
 어윤양, “넙치양식장 밀식에 따른 생산성에 관한 연구”, 수산경영론집, 제42권 제2호, 2011. 9, pp.85 - 96.
 유성규, “넙치양식”, 수산연구, 창간호, 1987. 10.
 장영진, 수산·해양 국내문헌정보, 부경대학교, 2001.
 황진욱 · 김도훈, “넙치 배합사료 및 생사료의 경제성 비교분석”, 수산경영론집, 제40권 제3호, 2009. 12, pp.189 - 205.
 황진욱 · 이승우 · 류정곤, “넙치양식업의 경영실태와 경쟁력 제고방안 연구”, 국립수산진흥원 연구보고, 제53호, 1997. 6, pp.171 - 191.
 어류양식현황조사(<http://fsfips.go.kr/fc/main.jsp>).
 Daniel, W. W., *Applied Nonparametric Statistics*, Houghton Mifflin Co., Boston, 1978.
 Kleinbaum, D. G., Kupper L. L. and K. E. Muller, *Applied Regression Analysis and other Multivariable Methods*, PWS-KENT, Boston, 1988.