J. Fish. Bus. Adm., 44(2), 101-109. 2013
DOI:http://dx.doi.org/10.12939/FBA.2013.44.2.101

KSFBA
www.fima.or.kr

수산업 R&D 사업의 투자효과 분석 : 국립수산과학원 수산시험연구사업을 중심으로†

박경일 · 김도훈[1*]
국립수산과학원 기술경영센터, [1]부경대학교 해양산업경영학과

Analyzing Investment Effects of Fisheries R&D Projects : A Case of NFRDI's R&D Projects

Kyoung-Il Park and Do-Hoon Kim[1*]
Technology Management Center, National Fisheries Research & Development Institute, Busan, 619-705, Korea
[1]*Department of Marine Business and Economics, Pukyong National University, Busan, 608-737, Korea*

Abstract

This study is aimed to analyze investment effects of fisheries R&D projects of the National Fisheries Research and Development Institute(NFRDI). In the analysis, Granger causal relations between R&D investment and fisheries production are tested. In addition, time-lag effects of fisheries R&D investment are estimated with an impulse response analysis and investment effects of R&D projects are estimated by changes of social surplus.

Results indicate that there exists an Granger-causality between R&D investment and fisheries production and fisheries production responds to the fisheries R&D shock about three years after the initial shock. The magnitudes of the impacts increase until a peak is reached 5～7 years and the impacts decline to zero after 25 years. As investment effects, it is shown that the internal rate of returns of fisheries R&D investment is 55.2%.

Keywords : Fisheries R&D, Investment, Internal rate of return, Granger-causality, Impulse response

접수 : 2013년 9월 6일 최종심사 : 2013년 9월 23일 게재확정 : 2013년 9월 25일
†본 논문은 국립수산과학원 연구사업 "수산과학연구의 사회경제적 효과 분석(RP-2013-EC-006)"의 지원으로 수행되었음.
*Corresponding author : 051-629-5954, delaware310@pknu.ac.kr

Ⅰ. 서 론

우리나라 수산업 생산은 2012년 기준 약 320만 톤으로, 이 가운데 일반해면어업 생산량은 약 110만 톤 그리고 양식업 생산량은 약 150만 톤 정도이다(MOF, 2013). 현재의 생산량 수준을 과거 1970년도와 비교해 보면, 총생산량은 무려 240% 정도 증가하였다. 이러한 수산업 생산량의 증가는 무엇보다 어업 및 양식업의 신기술개발, 수산현장의 애로문제 해소 등 수산업 연구개발(R&D) 사업의 적극적인 추진이 가장 중요한 원인 중의 하나일 것이다(Lee and Kim, 2008).

현재 우리나라 수산분야 주요 R&D 사업은 국립수산과학원이 수행하고 있는 수산시험연구사업과 농림수산식품기술기획평가원에서 관리하고 있는 수산실용화기술개발사업이 있다. 이 외에도 한국해양과학기술진흥원에서 관리하고 있는 씨그랜트 사업과 해양생명공학사업 등이 있다(MIFAFF, 2012; Lee et al., 2011). 수산분야 R&D 예산 추이를 살펴보면, 2005년 685억 원에서 2012년 1,074 억 원으로 증가하였다.

하지만 수산자원의 과학적 관리, 연안환경의 보전, 친환경 양식업 개발, 수산식품의 고차화 등 향후 수산업의 경쟁력 있는 발전을 위해서는 수산분야 R&D 사업의 지속적인 확대가 더욱 필요하다. 특히 현재 우리나라의 수산분야 기술수준이 선진국 대비 약 72% 수준(MIFAFF, 2012)인 점을 감안할 때에도 수산업 R&D 사업은 더욱 확대되어야 한다.

향후 체계적이고 효과적인 수산업 R&D 전략 수립과 예산 확보 그리고 공공투자 수산분야 R&D 사업의 정책적 평가를 위해서는 무엇보다 R&D 사업에 대한 경제적 효과, 즉 R&D 사업 투자에 대한 효과 분석이 필요하다. 그러나 이러한 중요성에도 불구하고, 수산분야 R&D 사업에 대한 투자효과 분석은 상당히 제한적으로 행해져 왔다. 지금까지 선행연구들은 대부분 수산특정연구개발사업(현 수산실용화기술개발사업)에 대한 성과분석을 주로 행하였는데, 이는 수산특정연구개발사업의 경우 사업과제의 성격이 대부분 중단기적 기술실용화 연구로, 연구기간에 따른 사업과제별 성과(예를 들어, 특허, 논문, 산업화(기술이전), 정책적 활용 유무 등)가 비교적 뚜렷이 나타나고, 이들 자료에 대한 데이터베이스가 잘 갖추어져 있기 때문이었다(Kim, 2004; Lee et al., 2011; Lee and Kim, 2008; Choi et al., 2002).

이에 반해 수산분야 R&D 전체 예산 중 90% 이상을 차지하는 국립수산과학원에서 수행하는 수산시험연구사업의 경우 사업과제의 성격이 대부분 장기적 기초연구(예를 들어, 어업자원관리, 해양환경조사, 양식기술개발 등)로 연구 성과를 가시적으로 측정하기 어렵고, 성과에 대한 자료를 축적하기 어려운 점이 있다. 이에 따라 지금까지 수산시험연구사업의 투자효과에 대해서는 거의 연구가 이루어지지 않았다. 농업이나 임업 그리고 축산업 분야에 있어서는 농촌진흥청 등에서 수행하는 시험연구사업에 대한 투자효과 분석이 활발히 행해져 오고 있다. R&D 투자에 대한 연구 성과의 시차 효과를 추정할 뿐만 아니라 R&D 투자를 통한 사회적 수익을 추정하여 R&D 예산과 비교함으로써 R&D 사업의 투자수익률을 평가하고 있다(Kang et al., 2000; Kwon, 2010; Kim et al., 2003; Kim, 1986; Roh et al., 2004; Suh et al., 1993; Lee and Jeong, 2001). 이러한 결과자료들은 R&D 사업 예산 확보나 대내외 홍보자료 등 R&D 사업 추진을 위한 정책적 근거자료로 널리 활용되고 있다.

이러한 배경 하에서 본 연구에서는 국립수산과학원 수산시험연구사업에 대한 투자효과를 분석하고자 한다. 분석에 있어서는 Kim et al.(2003)과 Yang et al.(2008) 등에서와 같이 시계열 자료를 이용한 지수법(the index number method)을 사용하여 R&D 사업비와 사업성과(수산업 생산) 간의 관계를 분석하여 R&D 사업의 투자수익률을 추정하고자 한다. 본 연구의 구

성으로 다음 제2장 분석 방법 및 자료에서는 수산업 R&D 사업 투자효과를 분석하기 위한 절차 및 분석방법을 소개하고, 분석에서 사용한 자료에 대해 설명한다. 제3장에서는 R&D 사업 투자효과 분석결과를 정리하고, 선행연구 분석결과와 비교한다. 그리고 제4장에서는 연구 결과를 요약하고, 향후 연구 과제를 제안한다.

Ⅱ. 분석 방법 및 자료

1. 분석 방법

본 연구에서는 국립수산과학원 시험연구사업의 투자효과를 분석하기 위해 우선 Granger 인과성 분석을 통해 R&D 투자로 인한 사업성과에 대한 인과성 효과를 검증하고, 충격반응 분석을 통해 R&D 사업 수행에 따른 사업성과의 시차(lags) 관계를 분석하였다. 다음으로 R&D 사업의 투자수익 측정을 위해 지수법을 사용하여 R&D 사업에 따른 수익을 시장에서의 생산자 잉여와 소비자 잉여로 측정하였다. 그리고 시차 관계에 따른 R&D 사업의 투자수익과 사업비를 비교하여 R&D 사업의 투자수익률을 최종적으로 추정하였다.

1) Granger 인과성 분석

VAR(vector autoregressive model) 혹은 VECM (vector error correction model) 모형을 통한 Granger 인과성 분석은 확률변수 사이의 인과관계를 검정하는데 보편적으로 사용되며, 전통적인 F-통계량을 이용하는 방법이다. 즉 Y를 예측하거나 추정할 때 Y의 과거값과 함께 X의 과거값도 함께 사용하는 것이 Y의 과거값만으로 예측하거나 추정하는 것보다 정확하면 X에서 Y로의 인과관계가 존재한다고 본다. 동일하게 X의 예측이 자신의 과거값에 의존하는 것보다 Y의 과거값이 포함됨으로써 좋아진다면 Y에서 X로의 인과성이 존재한다고 파악한다(Yang et al., 2008; Lee, 2001; Greene, 2000).

두 시계열 변수(X_t, Y_t) 간의 연관성 검정을 위해 다음과 같은 식 (1)과 (2)의 두 가지 시계열 회귀식을 고려하면,

$$Y_t = \alpha + \sum \alpha_i X_{t-i} + \sum \beta_i Y_{t-i} + e_t \quad (1)$$

$$Y_t = \alpha + \sum \beta_i Y_{t-i} + e_t \quad (2)$$

식 (1)은 X_t와 Y_t간의 관계를 설정한 회귀식으로 비제약회귀식이라 하고, 식 (2)는 X_t를 회귀식에서 제외하여 구성한 회귀식으로 제약회귀식이라 한다. 식 (1)의 회귀식에서 얻어지는 오차자승합(sum of square error)을 SSE_{UR}, 식 (2)의 회귀식에서 얻어지는 오차자승합을 SSE_R이라 할 때, F-통계량은 다음의 식 (3)과 같이 정의된다.

$$F = \frac{(SSE_R - SSE_{UR}) / P}{SSE_{UR} / (T - 2p - 1)} \quad (3)$$

여기서 T는 총관측치의 수, 그리고 p는 제약조건이 부과된 회귀계수의 수를 의미한다. 만일 X_t가 Y_t의 중요한 원인변수일 경우, X_t와 Y_t간의 관계를 설정한 비제약회귀식의 오차자승합(SSE_{UR})이 매우 작은 값을 갖고, X_t를 제외한 제약회귀식에서는 오차자승합(SSE_R)이 큰 값을 가지게 된다. 따라서 X_t가 Y_t의 중요한 원인변수가 될 가능성이 클수록 F-통계량 값이 커지게 된다. 이러한 원리를 바탕으로 Granger 인과성 분석절차는 식 (1)과 (2)를 이용하여 귀무가설(H_0)과 대립가설(H_1)을 다음과 같이 설정하고,

H_0 : $\sum \alpha_i = 0$, 즉 X는 Y의 원인변수가 아니다
H_1 : $\sum \alpha_i = 0$, 즉 X는 Y의 원인변수이다

만일 식 (3)에 의해 F의 값이 F의 임계값보다 크면 귀무가설을 기각한다. 즉 X는 Y의 원인변수이다.

2) 충격반응 분석

충격반응 분석은 특정 변수에 충격이 발생할 경우 모형 안의 다른 변수들이 시간이 지남에 따라 어떻게 동태적으로 반응하는지를 나타내는

것이다. 즉 특정변수의 단위당 충격(unit shock)의 크기에 해당하는 충격을 자기변수 또는 다른 변수에 미치는 영향을 의미한다.

충격반응 분석은 식 (4)와 같이, 통상 VECM 모형 체계의 이동평균함수로 정의된다.

$$\begin{aligned} X_t &= [I - A(L)]^{-1}\varepsilon_t = M(L)\,\varepsilon_t \\ &= M_0\varepsilon_t + M_1\varepsilon_{t-1} + M_2\varepsilon_{t-2} + \cdots \\ &= M(L)G^{-1}G\varepsilon_t \end{aligned} \quad (4)$$

이동평균함수에서 X_t는 계수행렬 M_k를 이용하여 정의되는데, 여기서 ε_i와 ε_j가 상관관계를 가질 가능성이 크므로 이러한 현상을 제거하기 위해 Cholesky가 제시한 행렬분해법을 활용하게 된다. 식 (5)에서와 같이, G행렬을 이용하여 원 행렬을 분해하되 $G\varepsilon$가 공분산행렬에서 대각행렬이 되도록 유도한다.

$$\begin{aligned} &X_t = C(L)W_t = \sum_{k=0}^{\infty} C_k W_{t-k} \\ &(L)\;G^{-1} = C(L),\; G\varepsilon_t = W_t \end{aligned} \quad (5)$$

여기서 C_k의 한 원소인 C_t^{ij}는 i번째 변수의 한 단위 충격에 따라 발생한 j번째 변수의 반응크기라고 할 수 있다(Kim et al., 2003; Park, 2008).

3) R&D 투자수익 분석

R&D 사업의 투자효과를 사후적으로 측정하는 방법으로는 투자에 대한 평균수익을 비교하는 지수법(index number method)을 활용할 수 있다. 지수법은 투자효과에 대한 수익을 시장에서 소비자 잉여와 생산자 잉여의 개념으로 측정하고, R&D 사업비와 비교하여 R&D 사업의 효과를 분석하는 방법이다(Kim et al., 2003).

R&D 사업을 통해 새로운 생산 및 관리기술 등이 개발되면 수산물 생산성의 증가가 나타나고, 이를 통해 수산물 시장에서는 소비자 잉여와 생산자 잉여가 변화하게 된다. 즉 수산물 생산성 증가는 공급함수가 우상향하게 되어 새로운 균형점(p_0, q_0)이 나타나 시장가격이 하락하고, 소비량은 증가하게 된다. 이때 소비자는 가격 하락과 소비 증대를 통한 소비자 잉여가 증가하고, 생산자의 경우에도 가격 하락과 판매량 증대를 통한 생산자 잉여가 변화하게 된다. Akino and Hayami(1975)는 지수법 사용을 통한 소비자 잉여(CS)와 생산자 잉여(PS)를 구하는 공식을 다음의 식 (6), (7)과 같이 각각 도출하였는데,

$$\begin{aligned} CS = &\frac{p_0q_0[k(1+\gamma)]^2}{2(\gamma+\eta)} + \frac{p_0q_0k(1+\gamma)}{(\gamma+\eta)} \\ &\times\left[1 - \frac{k(1+\gamma)\eta}{2(\gamma+\eta)} - \frac{k(1+\gamma)}{2}\right] \end{aligned} \quad (6)$$

$$\begin{aligned} PS = &kp_0q_0 - \frac{p_0q_0k(1+\gamma)}{(\gamma+\eta)} \\ &\times\left[1 - \frac{k(1+\gamma)\eta}{2(\gamma+\eta)} - \frac{k(1+\gamma)}{2}\right] \end{aligned} \quad (7)$$

여기서 η은 수요의 가격탄력성, γ은 공급의 가격탄력성, 그리고 k는 생산함수의 이동률(the rate of shift in production function)을 의미한다. 이러한 R&D 사업의 투자수익을 충격반응 분석으로부터 추정된 R&D 사업 성과에 대한 시차결과를 바탕으로 R&D 사업비와 비교함으로써 R&D 사업의 투자수익률을 평가할 수 있다.

2. 분석 자료

본 연구에서는 분석 방법에 따른 시계열 자료를 이용하여 R&D 사업 투자효과를 분석하였다. 구체적으로 본 연구에서 사용된 분석 자료는 Kim et al.(2003)을 참고하여 국립수산과학원 연도별 수산시험연구비(R), 수산물 총생산액(Q) 그리고 수산물 가격(P)을 선정하였다.

국립수산과학원 수산시험연구비(R)는 자료의 활용성에 따라 1970년부터 2012년까지의 연도별 자료를 이용하였다. 수산시험연구비 추이를 살펴보면, Fig. 1에서 보는 바와 같이 1970년 약 70억 원 수준에서 1991년 100억 원대로 증가되었다. 하지만 이후 오히려 감소하여 1996년에는 약 44억 원에 이르렀고, 2002년까지 평균 57억 원 수준을 유지하였다. 이후 2003년부터는 본격

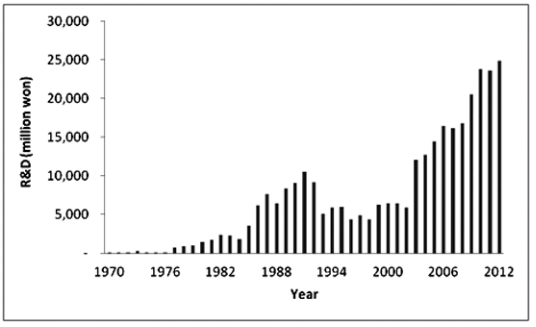

Fig. 1. Changes of NFRDI's R&D funds(from 1970 to 2012).

적으로 증가하기 시작하였는데, 2003년 120억 원에서 최근 2012년에는 약 250억 원 수준으로 증가추세에 있다.

분석에 있어 R&D 투자사업의 성과자료로 수산물 총생산을 산정한 이유는 국립수산과학원 수산시험연구사업은 어업자원, 양식, 해양환경 등 수산분야 연구를 총망라하는 것으로, 연구 성과가 어느 특정 어업이나 업종에만 영향을 주는 것이 아니라 수산물 총생산에 전체적으로 직접 영향을 미치는 것으로 가정하였기 때문이다.

우리나라 수산물 총생산액 변화를 살펴보면, 1970년 657억 원에서 꾸준히 증가하여 2012년 현재 60,336억 원으로 연평균 약 11%씩 증가해 오고 있다. 이러한 수산물 총생산의 증가에 대한 원인을 규명하는 것 또한 중요한 정책적 문제로, 본 연구에서와 같이 R&D 사업과의 관계성을 파악하는 것은 중요한 의미가 있다고 판단된다. 다음으로 수산물 가격(P)은 수산물 가격지수(2010=100) 자료를 사용하였다. 분석에 있어 R은 GDP 디플레이터 그리고 Q는 수산물 가격지수를 이용하여 불변가격으로 환산하여 사용하였다.

Granger 인과성 분석과 충격반응 분석을 위해서는 우선 시계열 자료의 안정성 여부 판정을 위한 단위근과 공적분 검정이 이루어져야 한다. 그리고 이러한 결과를 바탕으로 VAR 혹은 VECM 모형을 설정한다(Engle and Granger, 1987; Lee, 2001; Greene, 2000). 여기서 단위근 검정이란 분석에서 사용될 시계열 자료의 안정성에 관한 검정방법으로 장기분석에 있어 공적분 벡터의 존재유무를 확인하는 공적분 검정에 앞서 선행되어야 한다(Gujarati and Porter, 2008). 본 연구에서는 가장 널리 활용되고 있는 ADF(Augmented Dickey-Fuller) 단위근 검정법을 사용하였다. 다음으로 공적분 검정은 개별 시계열 자료가 단위근을 가지고 있다 하더라도 이들 시계열 간에 가상적 관계가 성립하지 않을 조건을 찾게 함으로써 회귀분석 등의 결과가 의미를 가지게 할 수 있다는데 의의가 있다. 본 연구에서는 Johansen 공적분 검정법을 사용하였다.

Ⅲ. 분석 결과

1. 단위근과 공적분 검정 결과

분석대상 시계열 자료에 대한 ADF 단위근 검정에 있어 우선 검정 회귀식에 포함된 시차변수의 길이는 AIC(Akaike Information Criteria) 기준에 의해 최소값을 갖는 시차를 적정 시차로 결정하였다. 분석 자료의 수준(level) 변수와 1차 차분(first difference) 변수에 대해 1%와 5% 등 유의수준의 임계치와 비교하여 통계량 값이 유의수준 임계값보다 크면 '단위근이 존재한다'는 귀무가설을 기각하게 되고, 이 경우 정상시계열로 판정할 수 있다.

단위근 검정 결과, Table 1에서 보는 바와 같이, 1차 차분한 R, Q, P 변수 모두 상수항이 포함될 경우, 상수항과 추세항이 포함될 경우 그리고 상수항과 추세항 불포함의 경우 모두에서 5% 이하 유의수준에서 귀무가설을 기각하는 것으로 추정되었다. 이에 따라 1차 차분한 모든 변수에서 단위근이 제거되어 안정적인 시계열 자료가 되는 것으로 분석되었다. 다만 R 변수의 경우 수준 변수에서도 상수항과 추세항 불포함된 경우에 안정성을 보였으며, P 변수도 수준 변수에서 상수항이 포함된 경우에 안정성을 보였다.

Table 1. ADF test results

	Variables	with constant	with constant and trend	without constant and trend
Level	R	−2.021416	−3.116753	−2.274018**
	Q	−1.794005	−3.396368	0.033094
	P	−3.775427*	−0.770358	0.196036
First difference	R	−7.180167*	−7.091610*	−7.126674*
	Q	−6.403646*	−3.891217**	−6.486020*
	P	−4.781901*	−6.179797*	−6.376668*

Note : * and ** statistically significant at 0.01 and 0.05 levels, respectively.

Table 2. Johansen cointegration results

H_0: Rank=r	Trace test			Maximum eigenvalue test		
	Test statistic	Critical value (5%)	p-value	Test statistic	Critical value (5%)	p-value
$r=0$	47.86117	42.91525	0.0148	30.45947	25.82321	0.0113
$r \leq 1$	17.40169	25.87211	0.3855	9.939557	19.38704	0.6253
$r \leq 2$	7.462137	12.51798	0.2988	7.462137	12.51798	0.2988

공적분 검정에 있어서는 우선 적정 시차는 AIC(Akaike Information Criteria)와 SIC(Schwarz Information Criteria) 최소값 기준에 의해 2차로 분석되었다. 공적분 검정에 있어 만약 trace 검정 통계량이나 최대 고유치 검정(maximum eigenvalue test) 통계량이 유의수준 5%의 임계값보다 작으면 공적분 관계가 없다는 귀무가설을 기각할 수 없게 된다. 하지만 검정 통계량이 유의수준 5%의 임계값보다 크게 되면 귀무가설을 기각하여 공적분 관계가 있음을 증명할 수 있다.

분석 결과, Table 2에서 보는 바와 같이, 우선 trace 검정법에서 검정 통계량이 $\gamma \leq 1$귀무가설을 유의수준 5%에서 기각할 수 없는 것으로 나타나 공적분 벡터가 1개 존재하는 것으로 추정되었다. 마찬가지로 최대 고유치(maximum eigenvalue) 검정법에서도 검정 통계량이 $\gamma \leq 1$ 귀무가설을 기각할 수 없는 것으로 나타나 공적분 벡터, 즉 선형결합이 있는 시계열이 1개 존재하는 것으로 분석되었다.

2. Granger 인과성 검정 결과

단위근과 공적분 검정 결과에 따라 VECM 모형이 선택되었으며, 적정 시차에 따른 R&D 사업비(R)와 수산물 총생산(Q)에 대한 Granger 인과성 검정 결과는 Table 3에서 보는 바와 같이, R&D 사업비(R)는 수산물 총생산(Q)에 인과성이 없다는 귀무가설이 유의수준 10%에서 기각되는 것으로 추정되었다. 이에 따라 R&D 투자는 수산물 총생산에 원인변수가 된다. 그러나 수산물 총생산(Q)은 R&D 사업비(R)에 인과성이 없다는 귀무가설을 기각할 수 없는 것으로 나타나 수산물 총생산은 R&D 사업비의 원인변수가 아닌 것으로 분석되었다. 따라서 수산물 총생산을 증대시키기 위해서는 R&D 투자가 더욱 활성화되어야 함을 알 수 있다.

Table 3. Granger Causality results

Null Hypothesis	F-Statistic	Probability
R does not Granger Cause Q	2.88999	0.0686
Q does not Granger Cause R	0.41772	0.6617

3. 충격반응 분석 결과

VECM 모형 분석을 통한 R&D 투자가 수산물 총생산에 미치는 충격반응을 분석한 결과, Fig. 2

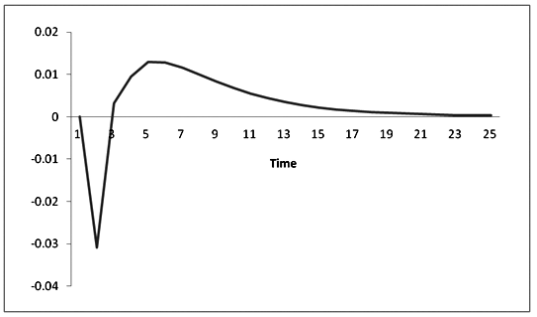

Fig. 2. Response of total fisheries production to R&D investment.

에서 보는 바와 같이, R&D 투자에 대한 수산물 생산의 반응은 3년 후부터 증가하기 시작하는 것으로 추정되었다. 그리고 5～7년 사이에서 최대의 반응을 보이고, 이후로는 25년 정도 계속해서 충격 반응이 유지되다 감소하는 것으로 분석되었다. 이는 R&D 투자로 인한 수산물 생산 증대 효과는 R&D 투자 이후 약 3년 정도의 시간이 지난 후 나타나기 시작하며, 장기적으로 약 25년간 영향을 미치는 것을 의미한다.

이러한 결과를 1차 산업인 농업, 축산업 등에서의 결과와 비교해 보면, 우선 Kim et al.(2003)에서 연구 투자가 생산에 영향을 미치기 시작하는 시기는 농업분야 연구투자는 경우는 3년 후부터, 축산분야 연구투자는 10년 후부터, 그리고 원예분야 연구투자는 7년 후부터 영향을 미치기 시작하는 것으로 분석되었다. 또한 모든 분야에서 연구 투자는 30여년간 지속적으로 생산에 영향을 미치는 것으로 추정되었다. 따라서 연구 투자로 인한 생산의 가시적인 효과가 나타나는 기간은 수산업과 농업이 동일하게 3년 후부터로 가장 빠른 것으로 분석되었다. 이에 반해 생산에 영향을 미치는 기간은 다른 분야에 비해 수산분야가 상대적으로 짧은 것으로 분석되었다. 하지만 농업분야 선행연구에서 시차는 7년(Kim, 1986) 그리고 20년(Choi and Choe, 1995) 등 다양하게 평가되고 있으므로 반드시 수산분야 연구 시차가 상대적으로 짧다고는 말할 수 없을 것이다.

4. R&D 투자수익 분석 결과

R&D 투자로 인한 사회적 잉여(식 (6)과 (7))를 추정하기 위해 우선 수산물 수요의 가격탄력성(η)은 Cho et al.(2008) 연구를 참조하여 $\eta=1.1$로 사용하였다. 공급의 가격탄력성(γ)은 분석기간(1970～2012년) 동안 수산물 생산량과 시장가격과의 관계를 분석한 결과 $\gamma=0.2152$($p=0.000$)로 나타나 이를 분석에 사용하였다. 그리고 생산함수의 이동률(κ)은 분석기간 동안 R&D 사업에 따른 생산성의 연평균 증가율인 $\kappa=0.005$를 분석에 이용하여 R&D 투자수익을 추정하였다.

분석기간 동안 R&D 사업비(R)와 수산물 총생산(Q)의 평균치를 이용하여 R&D 투자에 따른 사회적 수익은 Table 4에서와 같이, 소비자 잉여는 약 338억 원 그리고 생산자 잉여는 29.8억 원으로, 총 사회적 잉여는 약 368억 원으로 분석되었다.

충격반응 분석 결과를 바탕으로 R&D 투자에 따른 생산 효과가 3년 후부터 약 25년간 지속되는 것으로 가정할 경우, R&D 사업의 내부투자수익률(IRR)은 55.2%로 추정된다. 수산분야 R&D 투자수익률에 관한 선행연구가 전무하여 본 연구결과와 직접적인 비교가 불가능하다. 하지만 동일한 1차 산업인 농업 및 축산 등의 국내 R&D 사업의 투자수익률(IRR)과 비교해 보면, Roh et al.(2004), Kim(2003) 그리고 Suh et al.(1993)의 연구에서 농업분야 R&D 사업의 투자수익률은 각각 300%, 31.5% 그리고 64.62%로 추정되었다. 본 연구에서와 동일한 지수법을 사용한 Kim et al.(2003)의 연구에서는 농업분야 R&D 사업의 투자수익률이 49.18%, 원예분야 56.04% 그리고 축산분야 21.01%로 추정되었다.

Table 4. Social benefits by Fisheries R&D Projects

Social benefits	Value(billion won)
Consumer Surplus(A)	33.84
Producer Surplus(B)	2.98
Social Surplus(A + B)	36.82

즉 본 연구결과인 수산분야 R&D 사업의 투자수익률 55.2%는 다른 산업과 비교해서도 결코 낮은 수준이 아니며, R&D 투자에 대한 효과가 상당히 높음을 알 수 있다.

Ⅳ. 요약 및 결론

본 연구에서는 우리나라 수산분야 전체 R&D 예산 중 90% 이상을 차지하고 수산과학 연구기술개발을 주도해 나가고 있는 국립수산과학원 수산시험연구사업의 투자타당성을 분석하였다. 분석에 있어서는 R&D 사업비, 수산물 총생산액, 수산물 가격 등의 시계열 자료를 이용하여 우선 시계열 자료의 안정성 검정을 위해 단위근과 공적분 검정을 수행하였고, VECM 모형을 이용한 Granger 인과성 분석을 통해 R&D 투자로 인한 수산물 생산에 대한 인과 효과를 검증하였다. 그리고 충격반응 분석을 통해 R&D 사업 수행에 따른 사업성과의 시차(lags) 효과를 분석하였다. 이후 R&D 사업의 투자수익 측정을 위해 지수법을 사용하여 R&D 사업에 따른 수익을 시장에서의 생산자잉여와 소비자잉여로 측정하였다. 최종적으로 시차 관계에 따른 R&D 사업의 투자수익과 사업비를 비교하여 수산업 R&D 사업의 투자수익률을 추정하였다.

Granger 인과성 분석 결과, R&D 투자가 수산물 총생산에 원인변수가 되는 것으로 추정되어 R&D 투자가 증대될수록 사업성과도 더욱 크게 나타날 것으로 평가되었다. R&D 투자가 수산물 총생산에 미치는 충격반응(시차)을 분석한 결과에서는 R&D 투자에 대한 성과는 R&D 투자 이후 약 3년 후부터 가시적으로 나타나기 시작해 5~7년 사이에서 최대의 반응을 보이고, 이후 25년 정도 충격 반응이 유지되다 감소하는 것으로 분석되었다. 충격반응 분석 결과를 바탕으로 R&D 투자와 사업수익에 따른 R&D 사업의 투자수익률(IRR)은 55.2%로 최종 평가되었다. 이러한 분석결과는 동일한 1차 타산업과 비교해서도 상대적으로 높은 것으로, 수산분야 R&D 투자에 따른 사업효과가 큰 것으로 평가되었다.

본 연구는 국립수산과학원의 수산시험연구사업 전체에 대한 투자효과를 분석하였다. 하지만 수산시험연구사업에서 어업자원, 양식 그리고 해양환경 등 다양한 수산분야에 대한 연구가 이루어지고 있는 점을 감안한다면 분야별 R&D 사업의 투자효과를 분석하는 것도 중요하다. 분야별 R&D 사업의 시차와 투자효과를 분석하고, 비교함으로써 수산분야별 R&D 사업의 특징을 도출할 수 있을 뿐만 아니라 수산분야 R&D 사업의 효과적인 전략을 수립하는데도 중요한 자료로 활용될 수 있을 것이다. 또한 본 연구에서 사용한 분석방법 이외의 방법을 다양하게 활용하여 분석결과를 비교해 가는 것이 필요하고, R&D 성과의 파급효과 분석이나 R&D 사업성과 극대화를 위한 요인분석 등의 연구가 향후 더욱 활발히 이루어져야 할 것이다.

REFERENCES

Akino, M. and Hayami, Y. (1975), "Efficiency and equity in public research: rice breeding in Japan's economic development," *American Journal of Agricultural Economics*, 57, 1－10.

Choi, J. Y., Park, S. K. and Kim, J. B. (2002), Economic evaluation of fisheries-specific research & development and establishment of output dissemination system, Ministry of Oceans and Fisheries.

Choi, M. H. and Choe, Y. C. (1995), "Returns to investment on extension service in Korea: implications for the structural change," *Korean Journal of Agriculture Extension*, 2(1), 1－21.

Cho, Y. J., Cho, Y. H. and Ko, S. G. (2008), "A study on price elasticity of fishery product demand: focusing on 14 representative fishery products," *The Korean Journal of Cooperative Studies*, 26(1), 349－363.

Engle, R. F. and Granger, C. W. (1987), "Co-integration

and error correction: representation, estimation, and testing," *Econometrica*, 55(2), 251－276.

Greene, W. (2000), Econometric Analysis, Fourth edition, Prentice-Hall.

Gujarati, D and Porter, D. (2008), Basic Econmerics, 5th edition, McGraw-Hill.

Kang, K. H., Lee, M. S. and Choe, Y. C. (2000), "Returns to investment on research and extension in Korean horiculture," *Korean Journal of Agriculture Extension*, 7(2), 257－277.

Kim, E. S. (1986), "The effects of Korean agricultural research and extension projects using a profit function approach," *Korean Rural Economics*, 9(3), 81－96.

Kim, J. B. (2004), "An empirical study on the policy evaluation of fisheries research and development: the LISREL approach," Doctoral Dissertation, Pukyong National University, Busan, Korea.

Kim, Y. T. (2003), Analyzing outcomes of agriculture technology development projects, Discussion paper W15, Korea Rural Economic Institute.

Kim, S. S., Lee, M. S. and Choe, Y. C. (2003), "Returns to investment on research in Korean agriculture," *Korean Journal of Agriculture Extension*, 10(1), 57－76.

Kwon, O. S. (2010), "Agricultural R&D and Total Factor Productivity of Korean Agriculture," The *Korean Journal of Agricultural Economics*, 51(2), 67－88.

Ministry for Food, Agriculture, Forestry and Fisheries (MIFAFF) (2012), The Strategic Plan for Fisheries Science Technology.

Ministry of Oceans and Fisheries (MOF) (2013), Fisheries Production Statistics (www.fips.go.kr).

Lee, H. D. and Kim, J. B. (2008), "The determinants of fishery science & technology development performance: A case study of the fisheries-specific R&D projects," *Ocean Policy Research*, 23(2), 105－134.

Lee, I. B., Bae, J. D., Lee, J. A., Nam, D. H. Lee, J. H. and Kim, H. J. (2011), Analyzing outcomes of fisheries technology development projects. Korea Institute of Planning & Evaluation for Technology in Food, Agriculture, Forestry & Fisheries.

Lee, J. W. (2001), Econometrics, Parkyoungsa.

Lee, S. W. and Jeong, K. S. (2001), "The effects of R&D investment in Korean livestock industry," *The Korean Journal of Agricultural Economics*, 42(1), 85－98.

Park, J. C. (2008), "The mutual relationship among interest, apartment prices and stock prices by using VECM," Doctoral Dissertation, Dong-A University, Busan, Korea.

Roh, J. S., Hong, J. P. and Kwon, O. S. (2004), "Rates of Return to Agricultural R&D Expenditure in Korea," *Korean Journal of Agricultural Management and Policy*, 31(2), 311－328.

Suh, D. K., Chung, M. N. and Park, J. K. (1993), "An Analysis on the Distributed Time Lag and the Impact of Research & Extension for Agricultural Growth," *The Korean Journal of Agricultural Economics*, 34, 181－197.

Yang, C. J., Hong, J. S. and Ko, S. W. (2008), "Impulse responses analysis of government and public sector R&D in IT industry," *Korean Management Science Review*, 25(3), 13－26.