



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

경 영 학 석 사 학 위 논 문

방류종자인증 넙치 방류사업에 대한
경제적 효과 분석



2023년 2월

부 경 대 학 교 대 학 원

해양수산경영학과

양 동 욱

경 영 학 석 사 학 위 논 문

방류종자인증 넙치 방류사업에 대한
경제적 효과 분석

지도교수 김 도 훈

이 논문을 경영학석사 학위논문으로 제출함.

2023년 2월

부 경 대 학 교 대 학 원

해양수산경영학과

양 동 욱

양동욱의 경영학석사 학위논문을
인준함.

2023년 2월 17일



위원장 경제학 박사 장 호 근 (인)



위원 경영학 박사 조 헌 주 (인)



위원 경영학 박사 김 도 훈 (인)



목 차

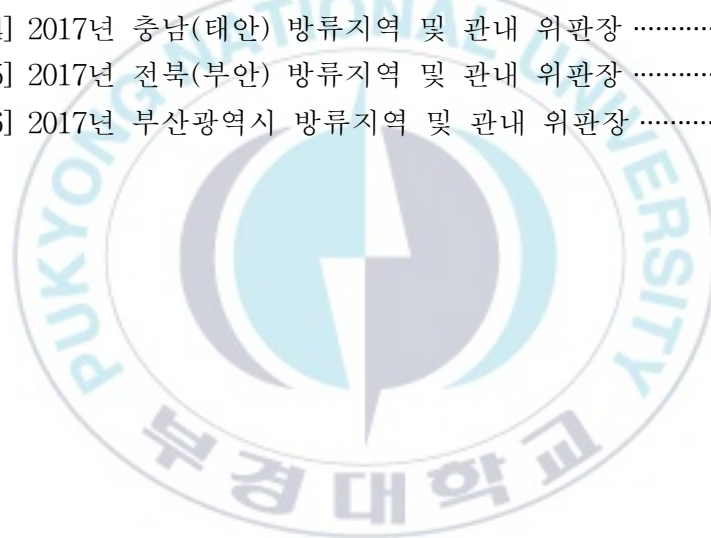
I. 서론	1
II. 선행연구	3
1. 수산종자 방류사업 경제성 분석	3
2. 혼획률 산정을 위한 유전자 분석 기법	4
III. 방류종자인증제도 현황	5
1. 도입 배경	5
2. 운영 현황	8
IV. 분석 방법 및 자료	11
1. 분석 방법	11
2. 분석 자료	16
V. 분석 결과	29
VI. 결론	32
참고 문헌	34

표 차례

<표 IV-1> 비용편익분석의 평가기준 비교	13
<표 IV-2> 정보수준(Tier)별 방류품종의 편익 산정방법	13
<표 IV-3> 2017년 넙치 방류 현황	16
<표 IV-4> 2017년 넙치 매입방류 사업의 평균 마리당 단가 산출	17
<표 IV-5> 2017년 넙치 생산방류 비용 추정 내역	18
<표 IV-6> 2017년 전체 넙치 방류사업 비용 추정 내역	18
<표 IV-7> 넙치의 종류	19
<표 IV-8> 조사대상 위판장	20
<표 IV-9> 2020년 인천지역 넙치 위판물량 및 위판금액	22
<표 IV-10> 2020년 경기 화성지역 넙치 위판물량 및 위판금액	23
<표 IV-11> 2020년 충남 태안지역 넙치 위판물량 및 위판금액	24
<표 IV-12> 2020년 전북 부안지역 넙치 위판물량 및 위판금액	25
<표 IV-13> 2020년 부산지역 위판물량 및 위판금액	26
<표 IV-14> 2020년 넙치 방류지역별 조사대상 위판장	27
<표 IV-15> 2020년 넙치 방류지역별 위판물량과 위판금액	27
<표 IV-16> 2020년 넙치 방류지역별 위판금액, 비계통 추정금액	28
<표 IV-17> 2020년 지역별 방류종자인증 넙치의 혼획률	28
<표 V-1> 2020년 넙치 방류지역별 생산금액	29
<표 V-2> 넙치 방류지역별 편익 산정 결과	30
<표 V-3> 넙치 방류사업 비용 및 편익 도출 결과	30
<표 V-4> 넙치 방류사업 순현재가치 및 편익비용비율	31
<표 V-5> 방류종자인증 넙치 방류사업의 경제성 분석 결과	31

그림 차례

[그림 Ⅲ-1] 방류종자인증제 추진절차	7
[그림 Ⅲ-2] 넙치 수정란 보급 현황(2016~2021년)	8
[그림 Ⅲ-3] 넙치 종자 방류량(2011~2021년)	9
[그림 Ⅲ-4] 넙치 방류종자의 유전적 다양성(2011~2021년)	10
[그림 IV-1] 방류해역	21
[그림 IV-2] 2017년 인천광역시 방류해역 및 관내 위판장	22
[그림 IV-3] 2017년 경기(화성) 방류지역 및 관내 위판장	23
[그림 IV-4] 2017년 충남(태안) 방류지역 및 관내 위판장	24
[그림 IV-5] 2017년 전북(부안) 방류지역 및 관내 위판장	25
[그림 IV-6] 2017년 부산광역시 방류지역 및 관내 위판장	26



방류종자인증 넙치 방류사업의 경제적 효과 분석

양 동 욱

부 경 대 학 교 대 학 원 해 양 수 산 경 영 학 과

요 약

본 연구에서 대상으로 하는 넙치는 우리나라 어류 양식생산량 1위, 치어 방류량 2위에 해당하는 산업적으로 매우 중요한 어종이다. 넙치는 1980년 중반부터 시작된 양식으로 유전적 열성화가 우려되어 오고 있으며, 이에 양식용과 방류용을 구분하는 방류종자인증제가 시행되었다.

방류종자인증제도는 수산자원관리법 제42조의2(방류종자의 인증)에 의해 수행되고 있으며, 본 연구는 이 제도와 넙치 방류사업에 따른 경제적 성과 분석을 목적으로 한다. 이를 통하여 정책 사업의 국가 경제에 대한 기여도를 정량적으로 평가하고자 하였으며, 사업의 정책적 타당성을 확보하고자 하였다.

경제적 효과 분석을 위하여 본 연구에서는 유전자 마커를 활용한 혼획률 산정, 생산액 증가분 산출법을 통하여 어업생산량 증대 효과를 산정하였다. 또한 분석자료로 2017년 넙치 종자의 방류량, 2020년 넙치 위판실적, 2020년 넙치의 유전학적 혼획률 데이터를 이용하였다.

분석 결과, 넙치 방류사업의 경제성 평가 지표인 편익비용 비율(BCR)은 5개 지역에서 1.24-7.34로, 평균 3.55로 경제적 효과가 있는 것으로 평가되었다. 이는 선행 연구와 비교 시 더 높은 결과를 나타낸 것으로 방류종자인증제의 시행이 생태계 내 유전적 다양성을 확보하기 위한 환경적 가치뿐만 아니라 정책사업 지속을 위한 충분한 경제성을 확보함을 의미한다.

Economic Effectiveness of the Olive Flounder (*Paralichthys olivaceus*) Certified Fry Releasing Program in Korea

Dong Wook Yang

Department of Marine & Fisheries Business and Economics,
The Graduate School, Pukyong National University

Abstract

The olive flounder, the study subject is one of the most important farmed fish species in the industry as it takes the first ranking in farmed fish production and the second ranking in fry release. Olive flounder has been farmed since the mid-1980s and there have been concerns that it may be genetically inferior. Accordingly, the fishery seeds certification system to distinguish the farmed fish from the released one has become effective.

The fishery seeds certification system is carried out in accordance with Article 42-2 (Certification of the Fish Species for Release) of the Fisheries Resources Management Act, and the purpose of this study is to analyze the economic performance of the system and olive flounder releasing program. With the analysis, the study aims to quantitatively evaluate the contribution of policy projects on the national economy and to secure feasibility of the project in the policy-level.

For the analysis of economic effects, the study applies the bycatch ratio with genetic markers and production increase to estimate an increase in fishery production. Additionally, data on the quantity of olive flounder released (2017), sales of olive flounder on consignment basis (2020) and genetic bycatch ratio of olive flounder (2020) are used for analyses.

As a result, the benefit-cost ratio (BCR), an indicator to evaluate economic feasibility of the olive flounder release project was 1.24-7.34 with the average calculated as 3.55, which implies that it has economic effects. When compared to previous studies, it presented a higher value, demonstrating that the certification system has both environmental values to ensure genetic diversity within the ecosystem and economic feasibility to continue the policy projects.



I. 서론

우리나라는 과거부터 조업 경쟁으로 인한 수산자원의 과도한 이용과 해양환경의 오염 및 무분별한 연안 개발, 인접 국가와의 조업 갈등에 따른 어장 축소 등으로 인하여 연근해 어업의 생산성을 급속히 저하시키는 결과를 초래하였다. 특히 우리나라가 속한 북서태평양은 연안국의 연간 어획량이 약 1천930만 톤에 이른다(FAO, 2019).

한국은 연근해 어장의 생산성을 늘리기 위하여 1970년대 초반부터 바다숲 및 바다목장 조성, 수산종자 방류 등의 수산자원조성 사업을 추진해 오고 있다. 특히 1986년부터는 직접적으로 수산자원을 늘리기 위하여 어린 어패류를 인공적으로 생산·방류하는 수산종자 방류사업을 매년 실시해 오고 있다. 수산종자의 방류는 잉여자원의 재생산을 통한 지속적 어업생산성 유지, 어획량의 증대 및 어촌 경제 활성화 등의 순기능이 있다(한국수산자원공단, 2019).

2000년대 이후 방류사업의 확대로 2022년 현재 69종(해수면 52종, 내수면 17종)이 방류 대상 품종으로 지정되어 있다(해양수산부, 2021). 1986년부터 2021년까지 12개 시도에서 약 5,679백만 마리의 종자가 방류된 바 있다(해양수산부, 2022). 특히 2019년부터는 이러한 방류사업이 지방으로 완전히 이양됨에 따라 경제적 효과 검증의 중요성이 대두되었다(기획재정부, 2019).

이 중 넙치(*Paralichthys olivaceus*)는 1980년대부터 방류되기 시작하여 최근에도 민간 매입방류 등을 통하여 어류 중 가장 많이 방류되고 있는 대표적인 종 중 하나이다. 그러나 소수 어미를 이용하여 30년 이상 추진되어 온 매입방류사업은 유전적 다양성의 열성화를 초래하였고, 민간배양장에서 관리하는 넙치 어미집단의 소형화 및 근친화 등을 불러일으켰다(정 외, 2009). 이렇게 무분별한 종자방류 사업은 품종의 자연집단의 유전적 다양성을 저해하고 지속적인 근친교배에 따라 근교약세 발생의 우려가 제기되었고, 이에 따라 체계적인 유전적 관리에 대한 관심이 증대되었다(노 외, 2008).

2011년부터 우리나라 연안에 분포하는 넙치와 방류 넙치를 대상으로 유전적 다양성을 조사한 결과, 우리나라에서 방류되고 있는 종자의 유전적 다양성이 자연집단에 비해 현저히 떨어지는 것으로 조사되었다(한국수산자원공단, 2011). 이와 같은 현상은 지난 30년간 방류되는 넙치 종자의 생산 과정에서 그 원인을 찾을 수 있는데, 종자생산을 위한 어미 집단이 작고 종자생산 시 양식용 또는 방류용의 구별 없이 빠른 성장만을 고려하여 수 세대에 걸쳐 선발된 어미를 사용한 것 때문으로 추정된다(정 외, 2009). 또한 양식 넙치는 성장률 저하, 기형 발생률 증가, 그리고 생존율 감소 등이 문제점으로 지적되고 있었다(노 외, 2008).

이에 해양수산부에서는 자연산과 유사한 넙치 종자의 방류를 통한 유전적 다양성 회복 및 건강한 생태계 복원을 위하여 2015년 11월 「수산자원관리법」 일부 개정을 통하여 방류 넙치종자를 대상으로 유전적 다양성을 인증하는 “방류종자인증제”를 시행하고 있다.

본 연구에서는 방류종자인증 넙치 방류사업의 경제적 효과를 분석하기 위하여 방류종자인증제에 의하여 5개 시도에서 방류된 2017년 및 방류한 넙치가 어획된 2020년을 대상으로 경제적 효과 분석을 실시하였다.

이를 위하여 유전학적 기법을 활용한 혼획률 산정, 위판실적 조사, 방류사업비 등을 조사하였으며, 구체적으로 2017년 방류가 이루어진 인천, 경기, 충남, 전북, 부산 5개 해역으로 구분하였다. 결과적으로는 해역별 방류사업의 경제성 평가 결과를 제시함으로써, 방류종자인증제도의 정책적 효과를 정량적으로 분석하였다.

II. 선행연구

1. 수산종자 방류사업 경제성 분석

넙치 방류사업의 경제성 분석과 관련된 국내 사례로는 황 외(2005)와 서 외(2010) 등이 있다.

황 외(2005)에서 넙치의 방류효과를 분석한 결과, 편익비용 비율(B/C Ratio)이 약 6.97배 그리고 회수율은 약 11.26%로 나타나 넙치 방류사업의 경제적 효과가 큰 것으로 평가되었고, 낚시어선 척수 증가 등의 간접적 경제효과도 있는 것으로 분석되었다. 그리고 서 외(2010)에서는 넙치 혼획률 9.18% 그리고 편익비용 비율 2.56으로 넙치 방류사업의 경제적 효과를 평가하였으며, 유어 등과 관련한 간접적 효과로 인해 경제성은 더욱 클 것으로 추정하였다.

이 외 수산종자 방류사업의 경제성 분석에 관한 국내 사례로는 가자미, 해삼, 꽃게 등에 관한 연구를 들 수 있다(한국수산자원관리공단, 2015; 김, 2017; 남 외, 2019). 유전자 마커의 개발로 인하여 자연산과 방류산의 식별이 용이해짐에 따라 유전학적 혼획률 분석에 기반한 경제성 평가가 적극적으로 이루어지고 있으며, 2016~2021년간 약 17종에 대한 경제성이 분석된 것으로 보고되어 있다(한국수산자원공단, 2022).

한편 국외에서는 가고시마만에 방류된 참돔(Hirotoshi, 2007)과 세토내해 동부지역에 방류된 삼치(Hideki, 2007)를 대상으로 경제성 분석을 실시한 바 있다. 또한 넙치의 경우에는 2016년 세토내해 방류효과 조사에서 혼획률은 약 8% 그리고 경제적 효과는 편익-비용비율 기준 1.35배로 분석되었다(Kitada, 2016).

2. 혼획률 산정을 위한 유전자 분석 기법

Microsatellite 마커는 게놈 상 1~6개 또는 그 이상의 짧은 염기서열이 특징적으로 반복되는 것으로 반복되는 정도에 따라 다양한 대립 유전자가 존재한다. 이 마커는 실험이 간단하고 재현성이 뛰어나 국내외에서 집단 유연 관계, 유전적 다양성(Kanno et al, 2005; Kang et al., 2011), 근교약세 등 종 보존 연구뿐만 아니라(Limei et al., 2012; Hong, 2014; Zhiguo et al., 2018), 친자 검증(Herbinger et al., 1995; Estoup et al., 1998; Beheregaray et al., 2000; Gheyas et al., 2007), 등에 널리 이용되고 있다(한, 2022).

Microsatellite 마커를 활용한 국내 연구로는 정 외(2006)의 “Microsatellite DNA marker를 이용한 넙치, *Paralichthys olivaceus* 방류 종묘의 유효어미수 평가” 및 노 외(2008)의 “유전적 다양성이 고려되지 않은 어미 관리에 의한 양식 넙치(*Paralichthys olivaceus*)의 유전적 다양성의 변화” 등이 있다. 이러한 연구에서 정 외(2006)는 넙치 어미 암컷 31마리, 수컷 52마리로부터 생산된 종자의 유효어미수와 근교계수를 추정한 결과, 수산생물의 다양성을 보존하기 위한 FAO의 권고 기준보다 높은 것으로 분석하였으며, 이를 통하여 유전적 다양성을 높일 수 있는 종자생산 방안을 제시하였다.

또한 Microsatellite를 활용한 친자관계 분석과 관련한 연구로는 한 외(2022)의 “국내 해삼의 집단 유전학적 분석 혈연관계 조사 연구”가 있으며, 이 연구에서 한 외(2002)는 우도비 분포 분석을 통한 통계적 기준 연구를 통한 종합적 관리 방안을 제시하였으며, 이를 통한 해양생물의 유전적 특성, 선발육종, 교배지침, 방류효과조사 등 종 보존을 위한 유전학적 기초자료로써 활용이 가능할 것으로 전망하였다.

Ⅲ. 방류종자인증제도 현황

1. 도입 배경

방류종자인증제는 양식용과 방류용 종자를 구분하여 유전적으로 건강한 수산종자를 방류할 수 있도록 유전자 마커를 이용하여 인증해 주는 제도이다. 상술한 바와 같이, 생물의 유전적 다양성이 감소하게 되면 급변하는 환경변화에 대한 적응력과 질병에 대한 저항력이 낮아지게 되고, 성장 그리고 생존 등에 부정적인 영향을 미칠 수 있다(Alendorf and Ryman, 1987). 또한 동형접합체율이 증가하여 유효집단크기가 작아지게 되며, 결국 근교 약세를 초래한다(Fujio, 1997; Norris et al., 2000; Taniguchi and Nogroho, 2001). 이러한 결과는 1847년 아일랜드에 대기근을 발생시킨 감자 잎마름병에 의한 멸종 등과 같이 인간 사회에 치명적인 영향을 야기할 수 있다.

우리나라 연안에 분포하는 어종들의 자연집단과 방류 종자를 대상으로 유전적 다양성을 조사하여 비교 분석한 결과, 우리나라에서 방류되고 있는 넙치 종자의 유전적 다양성이 자연집단에 비해 현저히 낮은 것으로 보고된 바 있다(한국수산자원공단, 2015). 이와 같은 현상은 지난 30년간 방류되는 넙치 종자의 생산 과정에서 그 원인을 찾을 수 있는데, 종자생산을 위한 어미 집단의 크기가 매우 작고 종자생산 시 양식용 또는 방류용의 구별 없이 빠른 성장만을 고려하여 수세대에 걸쳐 선발된 어미를 사용했기 때문으로 추정된다(국립수산과학원, 2009; 정 외, 2009).

이러한 문제 인식에 따라 해양수산부에서는 자연산과 유사한 넙치 종자의 방류를 통한 유전적 다양성 확보 및 건강한 생태계 복원을 위하여 2015년 「수산자원관리법」 일부를 개정하여 수산자원관리법 제42조의2(방류종자의 인증) 신설하였다.

그 내용에 따르면 “(방류종자의 인증) ① 해양수산부장관은 수산자원의 유전적 다양성을 확보하기 위하여 방류되는 수산종자에 대한 인증제(이하

“방류종자인증제”라 한다)를 시행하여야 한다.”라고 의무조항을 명시하고 있다. 그리고 이를 시행하기 위한 전문기관으로서 같은법 제24조의 2(방류종자인증 업무의 위탁)에서 한국수산자원공단 등을 명기하였고, 같은 법 시행규칙 제25조의 2부터 7까지를 통해 세부사항에 대해 제시하고 있다.

특히 같은 법 시행규칙 제25조의 3에서는 인증 대상 수산종자의 품종에 대하여 명시하고 있는데, 본조 신설 당시 대상 품종은 넙치 1종에 한하였으나, 품종 확대의 유연성 제고를 통한 해양생태계 환경 변화에 대한 적시적 대응 및 관리를 위하여 “해양수산부 장관이 별도로 정함”으로 개정하는 것을 입법 예고하였다.

현재 방류종자인증제 대상인 넙치는 한국수산자원공단에서 매년 자연산 어미를 수집·순치하여 유전적 다양성이 확보된 수정란을 민간에 보급하고 있으며, 민간에서 생산된 종자와 어미의 친자감별을 통해 인증된 종자만을 방류한다. 자세한 추진절차는 [그림 III-1]에 정리한 바와 같다.

■ 추진 절차



수행 항목	수행 내용
해수부 방류종자인증 품종선정·관리	인증종자 품종, 인증기준, 인증절차, 분석 수수료, 인증기관 업무범위 등 방류종자인증제의 운영
FIRA 자연산 어미 수집·관리	자연산 어미수집 → 전자칩 삽입 → 유전정보*를 이용한 교배지침 수립 * 유전정보: 1,000개체 이상의 어미정보 관리
지자체 종자생산 업체 지정	넛치 입찰공고를 통한 우선협상대상자 지정 → 우선협상대상자 통보
FIRA 수정란 생산·보급	어미사육관리 → 수정란 생산 → 우선협상대상자에게 수정란 보급 * 수정란 가격: 개당1원(ml당 1,000개 기준)
민간업체 종자생산	수정란 수용 → 종자생산 → 친자감별 분석 의뢰
FIRA 친자확인·인증	친자확인 및 결과 통보 * 방류 종자 중 100마리를 무작위로 채취하여 96마리 분석
지자체 종자방류	방류종자 검수 및 매입방류

자료: 한국수산자원공단 수산종자자원관리 프로세스(2021)

[그림 III-1] 방류종자인증제 추진절차

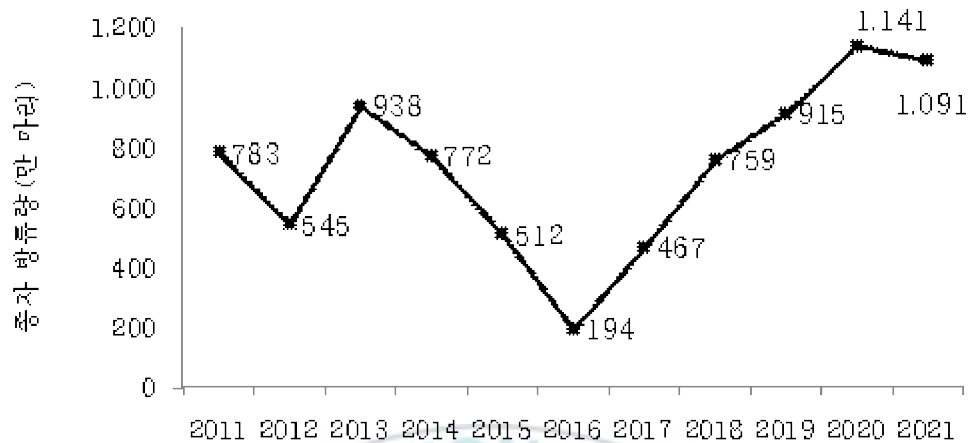
2. 운영 현황

방류종자인증제는 현재 한국수산자원공단이 해양수산부로부터 업무를 위탁받아 수행하고 있으며, 인증된 넙치 수정란의 연도별 보급량은 [그림 III-2]에서 정리된 바와 같다.



[그림 III-2] 넙치 수정란 보급 현황(2016~2021년)

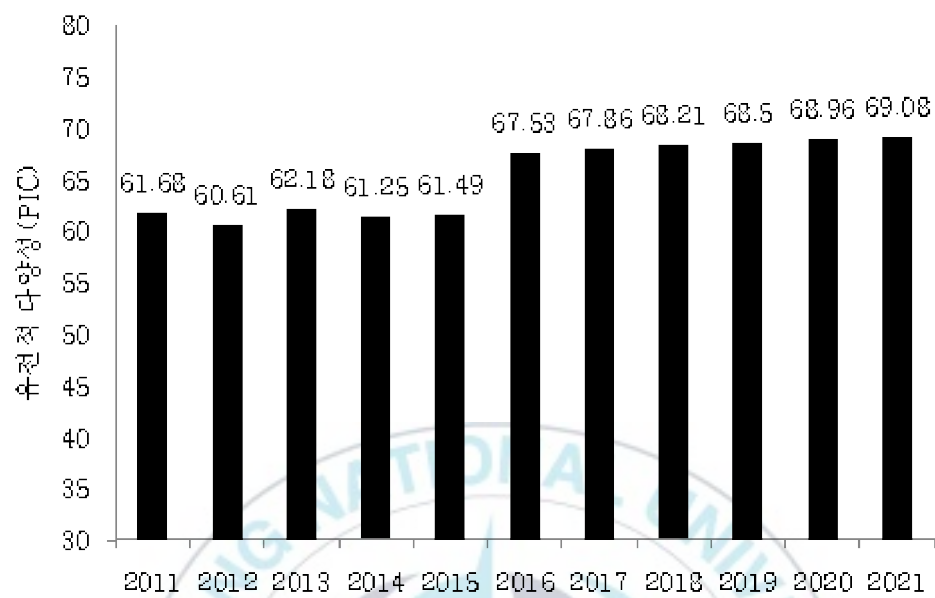
연도별 넙치 종자의 방류량을 살펴보면, [그림 III-3]에서 보는 바와 같이, 2016년 제도 도입 첫해에는 방류량이 194만 마리 수준이었다. 이는 시행 초기, 제도 인지도 부족과 양식용과 방류용 생산기술 차이에 의한 결과로 판단된다. 그러나 2021년에는 1,091만 마리를 기록하였다(한국수산자원공단, 2021).



[그림 III-3] 넙치 종자 방류량(2011~2021년)

방류종자인증제의 주요 목적인 유전적 다양성 회복 현황을 살펴보면, [그림 III-3]에서 정리된 바와 같이, 넙치 방류종자의 유전적 다양성은 방류종자인증제 시행 이전 5년간 60.61~62.18로 평균 61.44를 나타냈으며, 방류종자인증제가 도입된 2016년 67.53에서 2021년 69.08까지 계속 상승하였다.

방류종자인증제 도입 이후, 6년간 방류종자의 유전적 다양성은 68.36으로 도입 이전보다 약 13% 증가하였으며, 이를 통해 넙치 방류종자의 다양성이 양호하게 관리되고 있음을 확인할 수 있다.



[그림 III-4] 넙치 방류종자의 유전적 다양성(2011~2021년)

IV. 분석 방법 및 자료

1. 분석 방법

수산종자 방류사업의 효과 평가를 위한 과학적 접근방법은 자연과학적 방법과 사회과학적 방법으로 나눌 수 있다. 자연과학적 조사는 지느러미 절단, 이석 표지와 같은 물리적 표지 방류, 유전자 조사, 시장 조사법 등을 이용하여 연령별 혼획률, 방류에 따른 유전적 다양성, 구조, 방류의 영향 파악, 회유 및 성장 등을 파악하는 것이다. 사회과학적 접근은 경제성 분석으로 자연과학적 효과조사 결과를 화폐 가치화하여 평가하는 것이다. 즉, 수산종자 방류사업의 비용과 편익을 고려하여 경제적 효과를 분석하는 것이다(한국수산자원공단, 2019).

본 연구에서는 경제성을 평가하기 위한 보편적인 방법으로서 비용편익분석법(Cost-Benefit Analysis)을 활용하였다. 비용편익분석법에서 경제적 효과를 평가하는 일반적인 기준은 순현재가치법(NPV), 비용편익 비율법(BCR) 등이 있다. 이때 평가할 사업의 기준연도와 비용, 편익의 크기를 산정하여야 하며, 편익과 비용의 발생 기간, 그리고 이를 현재가치로 변환하는 데에 필요한 사회적 할인율에 대한 기본가정이 필수적이다. 사회적 할인율은 공공기관 사업의 경제성 분석을 위하여 한국개발연구원에서 공표하고 있는 예비타당성 지침에 의하여 4.5%의 할인율을 적용하였다(기획재정부, 2021).

순현재가치법(NPV)이란 전 기간에 걸쳐서 발생하는 사업의 순편익 합계를 현재가치로 환산한 값을 의미한다. 이때 해당 기간별로 발생하는 순편익을 이에 적합한 할인율(Discount Rate)로 할인하여 순편익의 현재가치를 계산한 다음 이를 모두 더한다.

평가 기준으로 순현재가치가 0보다 클 때는 해당 사업의 경제성이 있다고 평가하며, 순현재가치는 투자로 인한 현금유입액의 현재가치에서 투자에 따른 현금지출액의 현재가치를 차감하여 계산하며 다음의 식과 같다.

$$NPV = \sum_{t=i}^n \frac{B_t}{(1+r)^t} - \sum_{t=i}^n \frac{C_t}{(1+r)^t} \quad (1)$$

B_t : t 시점의 현금유입액

C_t : t 시점의 현금지출액

r : 사회적 할인율(이자율)

n : 사업기간

편익-비용 비율은 사업의 투자로 인하여 시간에 따라 발생하는 편익의 현재가치를 비용의 현재가치로 나눈 비율이다,

$$B-C \text{ Ratio} = \sum_{t=i}^n \frac{B_t}{(1+r)^t} / \sum_{t=i}^n \frac{C_t}{(1+r)^t} \quad (2)$$

B_t : t 시점의 현금유입액

C_t : t 시점의 현금지출액

r : 사회적 할인율(이자율)

n : 사업기간

편익-비용 비율은 사업의 1단위 비용당 편익을 의미한다. 따라서 비율이 1보다 클 경우 해당사업의 경제성이 있는 것으로 판단하며, 편익-비용 비율이 높은 사업일수록 경제성이 높은 것으로 평가한다.

비용편익분석 방법의 평가 기준으로서 NPV와 편익-비용 비율을 비교하면 <표 IV-1>과 같으며, 각각 장단점이 존재하므로 상호 보완적으로 이용할 수 있다.

<표 IV-1> 비용편익분석의 평가기준 비교

분석방법	개념	판단기준
순현재가치(NPV)	• 편익과 비용의 차를 현재가치로 환산	NPV > 0
편익비용비율(BCR)	• 사업의 비용 대비 발생하는 편익의 비율	BCR > 1

방류사업의 편익 산정은 대상의 샘플 수집 및 이용가능한 정보수준 등에 따라 추정 방법을 달리 적용할 수 있으며, 표<IV-2>과 같이 정보 수준 별로 평균생산비접근법, 공급탄력도 접근법, 생산액증가분 산출법 등을 통해 경제성을 추정한다(한국수산자원공단, 2019).

<표 IV-2> 정보수준(Tier)별 방류품종의 편익 산정방법

변수	추정방법	정보수준별 편익 산정방법		
		평균생산비 접근법	공급탄력도 접근법	생산액증가분 산출법
방류 후 가격 방류 후 생산량	직접조사 혹은 통계청 자료 이용	■ ■	■ ■	■
생산 증가분	방류효과조사	■		■
혼획률	방류효과조사	■	■	■
방류 후 평균생산비용	수협 어업경영조사/ 연근해어업실태조사	■		
공급탄력도	직접추정 / 가정		■	
수요탄력도	직접추정(선행연구)	■	■	

본 연구에서는 가지고 있는 자료의 정보 수준을 고려하여, 생산액증가분 산출법을 사용하여 편익을 산정하였다. 수산종자 방류사업의 편익 측정에서 보편적으로 사용되어 온 생산액증가분 산출법은 기본적으로 연도별 어획 생산량과 생산금액 자료가 필요하다.

생산액증가분 산출법은 통계 중 가장 신뢰할 수 있는 국가승인통계 자료 또는 수협 위판실적 자료와 직접조사 자료를 이용하므로 가장 단순하면서도 신뢰성 높은 결과를 도출할 수 있다. 이는 많은 선행연구에서 사용한 편익 추정방법으로 생산액증가분 산출법에서 생산액 증가분은 아래와 같이 나타낼 수 있다(남 외, 2019).

$$PB = \Delta PV = p_1 \Delta y \quad (1)$$

PB 는 생산자 편익으로, ΔPV 는 생산액 증가분을 의미한다. ΔPV 는 넙치의 시장가격 p_1 에 어획되어 출하된 넙치 생산량에 혼획률을 곱하여 추정한 생산량 증가분 Δy 를 곱하여 추정할 수 있다.

이때 비계통, 즉 사매매 등의 생산·유통현황을 고려한다면 수협 위판통계만을 고려하였을 때에 비해 더욱 현실에 부합한 방류어종의 생산량 및 생산단가를 산정할 수 있다. 수협 위판통계는 계통 출하량만을 반영하여 도매시장, 수집상, 음식점, 가공공장, 양식장, 자가소비 등 수협을 통하지 않고 출하되는 비계통 출하량을 반영할 수 없기 때문이다. 이를 위해서는 전체 출하에서 비계통 출하 비율을 파악해야 한다.

본 연구에서는 비계통 출하량을 파악하기 위하여, 인천, 충남 태안은 각각 관내 28개, 27개 어촌계를 대상으로 한 직접 조사 결과를 활용하였다. 그리고 경기 화성, 전북 부안, 부산의 비계통 출하량은 2020년 통계청의 어업생산동향조사 통계 자료의 넙치류 계통, 비계통 생산량 자료를 활용하여 비계통 출하량을 추정하였다.

다음으로 비용편익 분석을 위한 방류사업 비용 산정을 위하여 2017년

넙치 방류사업 통계를 활용하였다. 정확한 비용 추정이 어려운 부산, 전북 부안의 생산방류 비용은 매입방류 비용에 방류마리수를 나눈 평균 방류마리 당 단가를 생산방류 마리수에 곱하여 생산 방류비용을 추정하였다.

혼획률 분석은 2017년 당시 넙치 어미 유전자형 데이터와 2020년 5개 지역 어획 넙치를 데이터로 사용하여 maximum likelihood method 방법을 적용, 혼획률을 산정하였다. 혼획률 분석을 위한 유전자 데이터는 2017년 수정란 생산에 사용된 넙치 어미 957개체에 대한 기존 데이터 및 2020년 경기 화성 등 5개 지역에서 수집한 자연산 넙치 부산, 인천, 태안, 화성 각 192개체, 부안 193개체 총 961개체에 대해 2020년 분석한 데이터를 사용하였다.

유전자 분석은 확보한 넙치 시료의 지느러미 일부를 자른 다음 DNA를 추출하였다. 넙치 SSR 분석을 이용하여, PCR을 실시하였다. 친자 확인은 집단 크기와 어미 유전자형 정보를 고려하여 ML-Relate 및 Cervus version 3.0(Kalinowski et al., 2007) 프로그램을 이용하여 혼획률을 도출하였다. 먼저 도출된 Genotyping 결과를 활용하여 allele frequency를 분석 후, Confidence levels는 Relaxed 80%와 Strict 95%로 설정하여 어미와 자식 간 1:1 matching을 통해 어미 가능성이 높은 개체들을 비교 분석하였다.

2. 분석 자료

본 연구에서는 2017년 인천 옹진, 경기 화성, 충남 태안, 전북 부안, 그리고 부산 지역에서 방류된 인증 넙치를 분석 대상으로 하였다. 2017년 5개 지역에서 방류된 넙치 종자는 총 3,410,689 마리였다. 이중 인천 옹진, 경기 화성, 충남 태안에서는 매입방류를 통하여 3,092,689 마리가 방류되었고, 매입방류 금액은 828,301천 원이었다.

이에 반해 부산과 전북 부안에서는 각각 부산광역시 수산자원연구소와 전라북도 수산기술연구소에서 직접 생산한 각각 318,000마리, 100,000마리의 종자가 방류되었으며, 자체 생산방류로 구체적인 사업비는 알 수 없는 실정이다. (<표 IV-3> 참고). 아래 표에서와 같이, 2017년 충남 당진과 전북 고창에서도 각각 666,703 마리, 100,000 마리의 넙치가 방류되었으나, 관내에 위판장이 없어 정확한 편익을 추정할 수 없는 실정으로 본 연구에 포함하지 않았다.

<표 IV-3> 2017년 넙치 방류 현황

(단위: 마리, 천 원)

방류해역	방류물량 (마리)	매입방류비 (천원)	방류비용 (천원)
인천 옹진	2,491,224	360,000	360,000
경기 화성	492,981	168,301	168,301
충남 태안	601,465	300,000	300,000
충남 당진	666,703	150,000	150,000
전북 부안	100,000	(생산방류)	-
전북 고창	100,000	(생산방류)	-
부산	218,000	(생산방류)	-

매입방류는 민간의 종자생산업체에서 생산한 종자를 각 지자체에서 매입하여 적지에 방류하는 것으로 종자 직접 매입 등에 의한 비용이 발생한다. 그러나 부산, 전북 지역에서 이루어진 자체 생산방류는 명시적 비용이 존재하지 않았다. 이는 각각 부산광역시 수산자원연구소와 전라북도 수산기술연구소에서 직접 생산하여 방류함에 따라 종자생산에 소요되는 인건비, 관리비, 시설비 등을 별도로 측정할 수 없기 때문이다. 따라서 생산방류 단가를 추정하기 위하여 인천 옹진, 경기 화성, 충남 태안, 당진에서 이루어진 매입방류 단가의 평균값을 산출하였다.(<표 IV-4> 참조).

<표 IV-4> 2017년 넙치 매입방류 사업의 평균 마리당 단가 산출

방류해역	방류물량 (마리)	매입방류비 (천원)	마리당 단가 (원)
인천 옹진	2,491,224	360,000	144.5
경기 화성	492,981	168,301	341.39
충남 태안	601,465	300,000	498.88
충남 당진	666,703	150,000	224.99
평균	4,252,373	978,301	302.42

넙치 종자의 매입방류 사업을 통해 425만 마리 이상을 방류하였으며, 여기에 9억 7,830만 원이 소요되었다. 매입방류 시의 마리당 단가는 144.5~498.8원으로 분포하며, 평균 302.4원으로 나타났다. 매입방류의 마리당 단가를 생산방류량에 곱하여 보았을 때 생산방류물량의 경제적 가치는 부산 65,927천원, 전북 부안은 30,241천 원으로 추정되었다(<표 IV-5> 참조).

<표 IV-5> 2017년 넙치 생산방류 비용 추정 내역

방류해역	방류물량 (마리)	추정 방류단가 (원/마리)	추정 방류비용 (천원)
전북 부안	100,000	302.42	30,241
부산	218,000	302.42	65,927

2017년 분석 대상인 넙치 방류사업의 방류물량, 추정된 방류단가 및 방류비용은 다음 <표 IV-6>과 같았다. 2017년 인천 옹진, 경기 화성, 충남 태안, 전북 부안 및 부산의 방류물량은 총 3,903,670 마리였으며, 평균 단가는 302.42원으로 나타났다. 또한 전체 추정 방류비용은 924,469천 원으로 나타났다.

<표 IV-6> 2017년 전체 넙치 방류사업 비용 추정 내역

방류해역	방류물량 (마리)	추정 방류단가 (원/마리)	추정 방류비용 (천원)
인천 옹진	2,491,224	144.51	360,000
경기 화성	492,981	341.39	168,301
충남 태안	601,465	498.78	300,000
전북 부안	100,000	302.42	30,241
부산	218,000	302.42	65,927
합계(평균)	3,903,670	(302.42)	924,469

방류종자인증 넙치 방류사업의 경제성 분석은 편익과 비용에 대한 분석을 실시하는 데 있어, 앞서 언급한 바와 같이 편익은 넙치 매입방류로 인해 발생하는 생산금액의 증분이고, 비용은 방류 사업비이다.

넙치 매입방류사업의 경제성 분석을 실시하기 위해 비용은 방류로 인하여 편익이 발생한 2020년의 가치로 환산하였으며, 내부수익률(IRR), 순현재가치(NPV), 그리고 편익비용 비율을 도출하였다. 이때, 사회적 할인율은 한국개발연구원(KDI)의 예비타당성조사 지침(한국개발연구원(2020), “국내사업 공공기관 예비타당성조사 제도 개선 및 평가 보완 연구”)에 따라 변경된 연 4.5%의 할인율을 적용하였다. 편익은 방류 넙치의 시장가치가 생기는 성숙연령 이후부터 발생한다고 가정하였다(국립수산물과학원, 2021). 즉, 2017년 방류산 넙치가 2020년부터 재포획되어 시장에서 유통되고, 이에 따라 시장가치 즉, 편익이 발생하게 된다고 가정하였다.

넙치의 편익 자료로는 분석방법에서 살펴본 바와 같이, 국가승인통계인 어업생산동향조사의 어업별 품종별 통계 또는 해양수산부 위판장별 위탁판매현황 자료 등을 사용할 수 있다. 이 중 통계청 자료는 생산량 및 생산금액이 시도 단위로 제공됨에 따라 경기도, 충청남도과 같이 도 단위 지역에서 방류된 넙치의 어획생산금액, 즉 편익이 과중하게 해석될 우려가 있다. 둘째로는 ‘넙치’가 아닌 ‘넙치류’ 전체의 통계를 제공함에 따라 본 연구에서 대상으로 하는 ‘넙치(*Paralichthys olivaceus*) 이외의 종이 편익에 포함될 가능성 등을 고려하였다(<표 IV-7>). 이에 따라 본 연구에서는 방류해역에 국한한 지자체별 생산량을 이용하기 위하여 수협 위판장별 위탁판매 현황을 기초로 하여 편익을 산정하였다.

<표 IV-7> 넙치의 종류

국문명	학명	서식
넙치	<i>Paralichthys olivaceus</i>	우리나라 전 연안
별넙치	<i>Pseudorhombus cinnamoneus</i>	우리나라 중부 이남
점넙치	<i>Pseudorhombus pentophthalmus</i>	우리나라 전 연안
풀넙치	<i>Citharoides macrolepidotus</i>	우리나라 남해

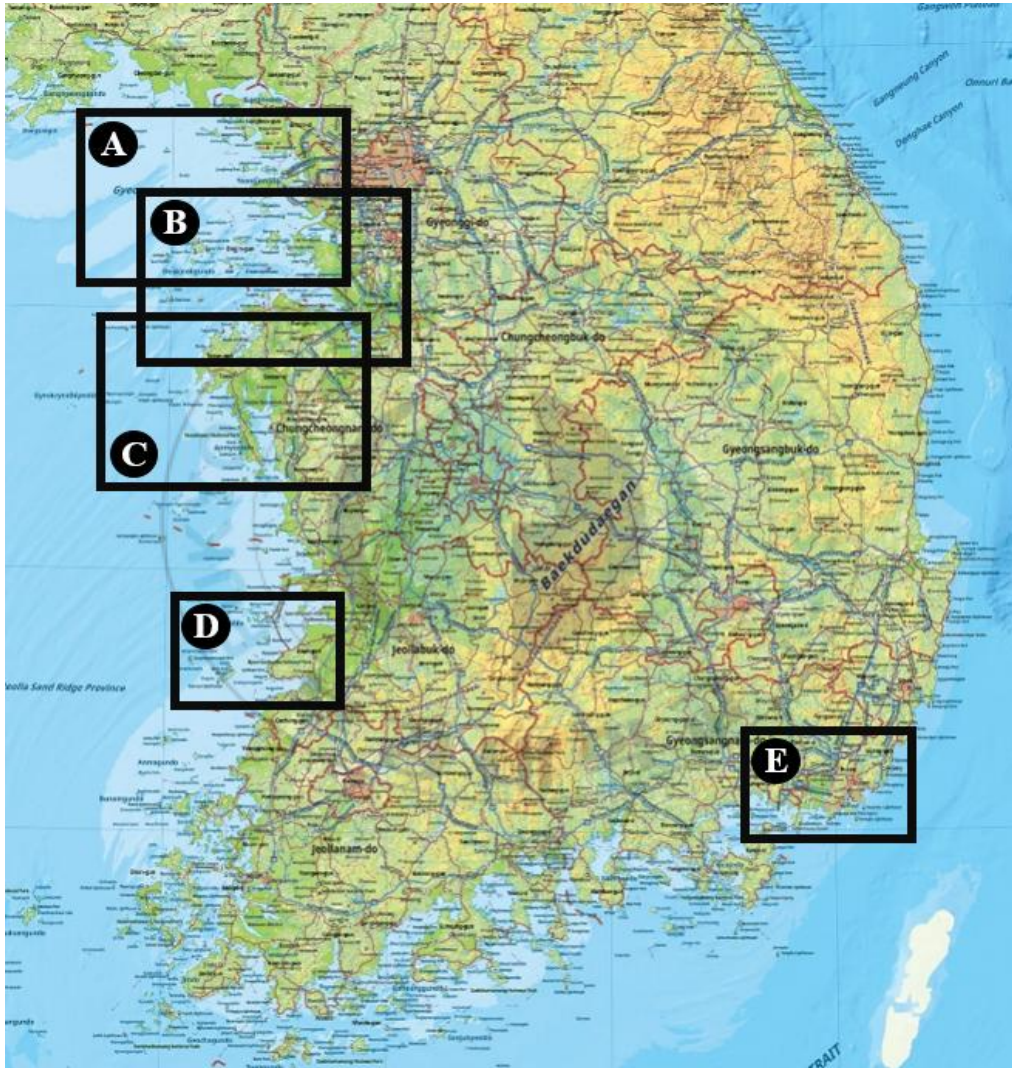
자료 : 국립수산물과학원(2022), 자료 재가공

위판장별 위탁판매 현황은 위판일자, 산지조합명, 위판장명, 수산물명, 어종상태, 위판물량(중량), 위판금액(총 판매액) 등을 월별로 제공하고 있으며, 본 연구에서는 2020년 1월~12월까지의 자료를 사용하였다. 국립수산물학원(2021)에 따르면 넙치는 계절회유 또는 남북회유를 하는 것으로 알려져 있다. 그러나 넙치의 회유경로를 모두 고려하여 위판장을 선정할 경우 편익을 과대 추정할 수 있을 수 있다. 따라서 지자체 단위로 이루어지고 있는 방류사업의 정확한 지역적 경제효과를 판단하기 위하여 위판장의 위치, 취급 수산물, 수산물의 주요 어획지역 등을 고려하여 방류해역별 위판장을 선정하였다(<표 IV-8> 참조).

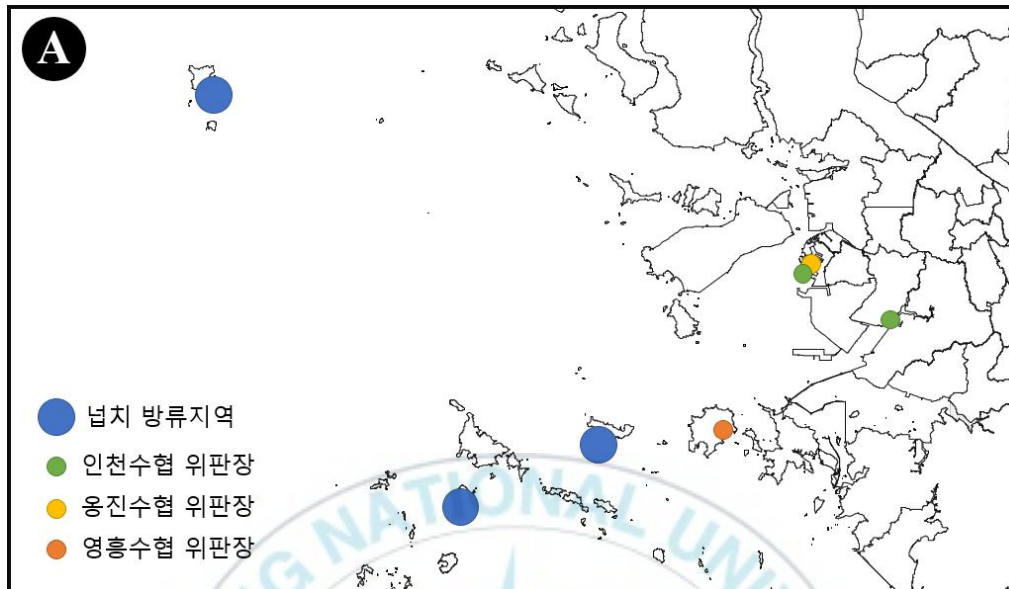
<표 IV-8> 조사대상 위판장

방류해역	수협명	위판장
인천	인천수산업협동조합	소래공판장, 연안위판장
	영흥수산업협동조합	영흥위판장
	용진수산업협동조합	연안위판장
경기 화성	경기남부수산업협동조합	경기남부수협공판장, 궁평항위판장
충남 태안	태안남부수산업협동조합	몽산포위판장, 마검포위판장, 드르니위판장
	안면도 수산업협동조합	백사장위판장, 영목위판장,
	서산수산업협동조합	안흥위판장, 모항위판장, 채석포위판장
부산	부산시수산업협동조합	감천공판장, 다대위판장, 자갈치위판장
전북 부안	부안수산업협동조합	격포위판장

한편 방류해역별 경제적 효과 분석을 위한 2017년 방류종자인증 넙치 방류지역 및 편익 산정을 위한 조사대상 위판장의 공간적 범위는 [그림 IV-1]과 같다.



[그림 IV-1] 2017년 방류종자인증 넙치의 방류지역



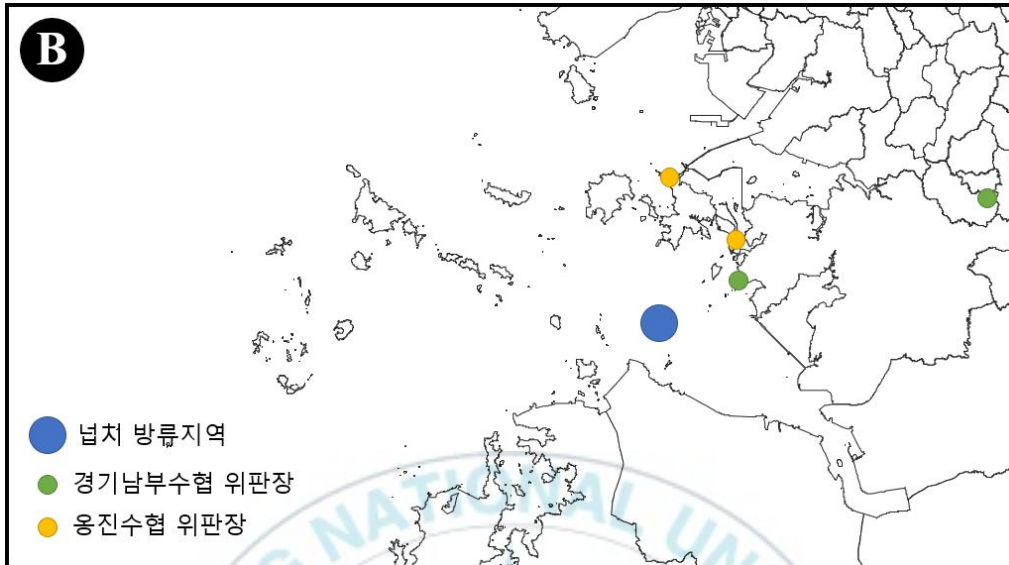
[그림 IV-2] 2017년 인천광역시 방류지역 및 관내 위판장

인천은 웅진군 연평면, 덕적면, 그리고 자월면 해역에 각각 830,408마리를 방류하였으며([그림 IV-2]), 전체 방류물량은 2,491,224마리였다. 인천의 경우 경인북부수협의 새우젓산지(외포리) 위판장을 제외하고, 인천수협, 웅진수협, 그리고 영흥수협 등 3개의 수협이 4개의 위판장이 넓치를 위판하였다. 전체 위판장의 넓치 위판물량은 107,348kg이었고, 위판금액은 1,023,420천 원이었다(<표 IV-9> 참조).

<표 IV-9> 2020년 인천지역 넓치 위판물량 및 위판금액

수협명	위판장명	위판물량(kg)	위판금액(천 원)
인천수협	소래위판장, 연안위판장	36,696	376,128,350
웅진수협	연안위판장	58,226	527,810,100
영흥수협	영흥위판장	12,426	119,482,000
합계	4개 위판장	107,348	1,023,420,450

자료 : 공공데이터포털(2022), 자료 재가공.



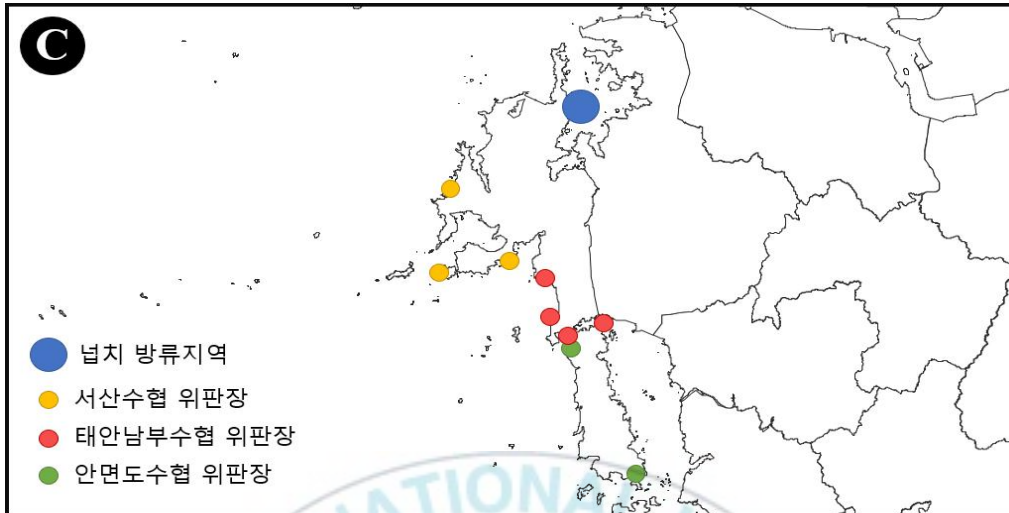
[그림 IV-3] 2017년 경기(화성) 방류지역 및 관내 위판장

경기도 화성시는 우정읍 국화리 입파도 일원에 492,981마리의 넙치 종자를 방류하였다(<[그림 IV-3] 참조). 경기도 관내에는 3개의 위판장이 위치하고 있으나, 용진수협 대부사업소의 탄도위판장, 방아머리위판장은 지리적으로 경기도 안산시에 위치하고 있으며, 대부도 등의 어획물량을 출하하기 위한 목적으로 운영되고 있는 위판장으로 조사대상에서 제외하였다. 경기남부수산업협동조합은 수원공판장 및 궁평항위판장을 운영하고 있으며, 넙치의 위판물량은 49,874kg, 위판금액은 677,400천 원이었다(<표 IV-10> 참조).

<표 IV-10> 2020년 경기 화성지역 넙치 위판물량 및 위판금액

수협명	위판장명	위판물량(kg)	위판금액(천 원)
경기수협	수원공판장, 궁평항위판장	49,873	677,400,430

자료 : 공공데이터포털(2022), 자료 재가공.



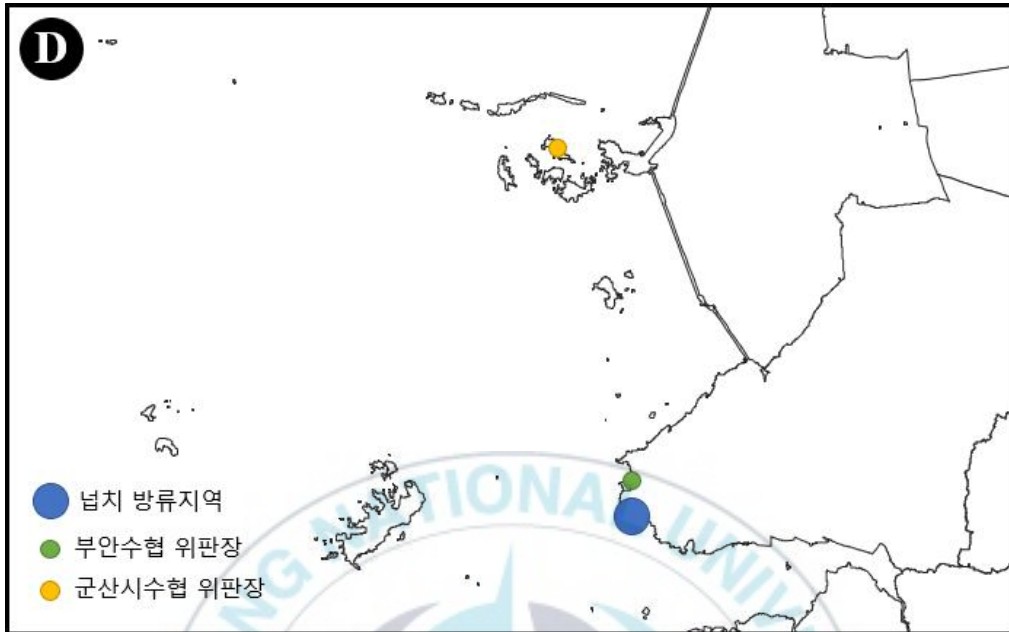
[그림 IV-4] 2017년 충남(태안) 방류지역 및 관내 위판장

태안군은 소원면 의항항에 넙치 종자 601,465마리를 방류하였다([그림 IV-4]>참조). 태안군에는 서산수협, 안면도수협, 태안남부수협 소속 9개 위판장이 위치한다. 이 중 안면도수협 영목위판장은 안면도 남단에 위치하고 있으나, 넙치 어획지역 등을 고려하여 조사대상에 포함하였다. 하지만 태안남부수협 당감위판장은 천수만 내부에 위치하고 있고, 위판물이 대부분 갑오징어, 주꾸미 등으로 조사 대상에서 배제하였다(<표 IV-11> 참조).

<표 IV-11> 2020년 충남 태안지역 넙치 위판물량 및 위판금액

수협명	위판장명	위판물량(kg)	위판금액(천 원)
서산수협	채석포, 안흥, 모항위판장	172,136	2,008,213,350
태안남부수협	몽산포, 마검포, 드르니위판장	688	5,780,500
안면도수협	백사장위판장, 영목위판장	85,539	684,027,250
합계	8개 위판장	258,362	2,698,021,100

자료 : 공공데이터포털(2022), 자료 재가공.



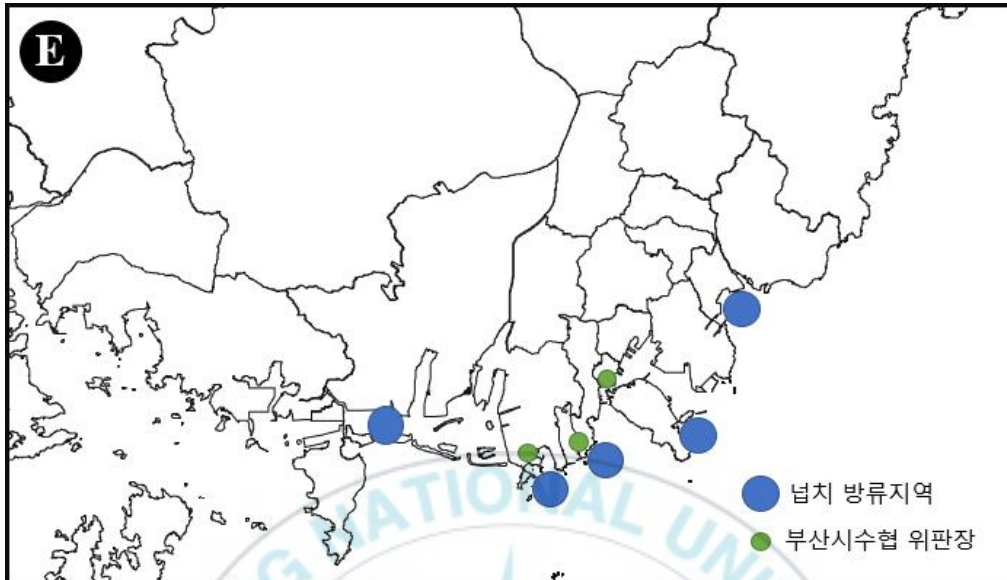
[그림 IV-5] 2017년 전북(부안) 방류지역 및 관내 위판장

전라북도 부안에는 전라북도 수산기술연구소로부터 생산된 넙치 종자 100,000마리가 변산면 격포리 연안에 방류되었다([그림 IV-5] 참조). 부안수협은 부안군 관내 격포 위판장 1개소만을 운영하고 있다(<표 IV-12> 참조). 방류지역으로부터 약 23km 거리에 군산시수협에서 운영하는 선유도위판장이 있으나, 이는 고군산도 지역 어민들이 주 이용대상이고, 비응항을 이용하던 쭈꾸미, 꽃게 등의 출하를 위하여 운영되고 있어 조사대상에서 제외하였다

<표 IV-12> 2020년 전북 부안지역 넙치 위판물량 및 위판금액

수협명	위판장명	위판물량(kg)	위판금액(천 원)
부안수협	격포위판장	56,690	326,519,500

자료 : 공공데이터포털(2022), 자료 재가공.



[그림 IV-6] 부산광역시 방류지역 및 관내 위판장

부산은 강서구 61,900마리, 사하구 10,000마리, 서구 60,000마리, 그리고 영도구 53,600마리 등 여러 지역에 넙치 종자가 방류되었다 ([그림 IV-6 참조]). 부산의 경우 3개 수협이 위판장을 운영하고 있는데 방류 주체인 부산광역시와 수혜자인 부산시 관내 어업인이 비교적 명확하였다. 2020년 넙치 위판실적이 있는 위판장은 부산시수협의 다대위판장, 자갈치위판장 및 감천공판장 등 3개 위판장이었으나, 감천공판장은 주요 위판품목이 대형트롤어업과 대형선망어업의 어획물로 조사대상에서 제외하였다(<표 IV-13> 참조).

<표 IV-13> 2020년 부산지역 넙치 위판물량 및 위판금액

수협명	위판장명	위판물량(kg)	위판금액(천 원)
부산시수협	다대위판장, 자갈치위판장	69,581	391,006,500

자료 : 공공데이터포털(2022), 자료 재가공.

이상과 같이 본 연구 대상인 넙치의 주요 5개 방류지역의 조사대상 위판장은 <표 V-14>와 같이 총 17개 위판장이었다. 이들 위판장의 위판물량은 총 541,854kg 그리고 위판금액은 총 5,116,369천 원으로 나타났다(<표 V-15> 참조).

<표 IV-14> 2020년 넙치 방류지역별 조사대상 위판장

지역	조사대상 위판장
인천	소래위판장, 연안위판장(인천, 옹진), 영흥위판장
경기 화성	수원공판장, 궁평항위판장
충남 태안	채석포위판장, 안흥위판장, 모항위판장, 몽산포위판장, 마검포위판장, 드르니위판장, 백사장위판장, 영목위판장
전북 부안	격포위판장
부산	다대위판장, 자갈치위판장
합계	17개 위판장

<표 IV-15> 2020년 넙치 방류지역별 위판물량과 위판금액

지역	위판물량(kg)	위판금액(천 원)
인천	107,348	1,023,420
경기 화성	49,873	677,400
충남 태안	258,362	2,698,022
전북 부안	56,690	326,520
부산	69,581	391,007
합계	541,854	5,116,369

다음으로 비계통 출하량 산정을 위해 비계통 및 계통 출하량 비율을 조사하였다. 인천과 충남 태안은 각각 관내 28개, 27개 어촌계를 대상으로 한 직접 조사 결과를 활용하였다. 그리고 경기 화성, 전북 부안, 부산은 2020년 통계청의 어업생산동향조사 통계 자료의 넙치류 계통 및 비계통 생산량 자료를 활용하여 비계통 대비 계통 출하 간 비율을 파악하였다(<표 V-16> 참조).

<표 IV-16> 2020년 넙치 방류지역별 위판금액, 비계통 추정금액

지역	위판금액(천 원)	비계통/계통 비율(%)	비계통 추정금액(천 원)
인천	1,023,420	99.85	1,021,886
경기 화성	677,400	294.12	1,992,354
충남 태안	2,698,022	250.37	6,755,171
전북 부안	326,520	3.79	12,389
부산	391,007	58.97	230,594
합계	5,116,369	-	10,012,392

방류종자인증제 넙치의 혼획률은 한국수산자원공단의 자체 방류효과조사를 통해 추정되었다. 혼획률 산정 결과는 <표 IV-17>에서 보는 바와 같다. 2017년 어미와 비교한 방류산 넙치의 혼획률은 부산 21.9%, 전북 부안 20.7% 인천 25.0%, 충남 태안 26.6%, 그리고 경기 화성 23.4%로 나타났다.

<표 IV-17> 2020년 지역별 방류종자인증 넙치의 혼획률

구분	부산	부안	인천	태안	화성
혼획률(%)	21.9	20.7	25.0	26.6	23.4
혼획 개체수	42	40	48	51	45
분석 개체수	192	193	192	192	192

V. 분석 결과

먼저, 비용편익분석을 위하여 편익 산정 결과, 2020년 넓치의 방류지역 별 전체 생산금액은 15,128,762천 원이었다. 위판금액의 경우, 충남 태안은 2,698,022천 원으로 가장 많았고, 전북 부안은 가장 낮은 326,520천 원이었다. 비계통 추정금액은 충남 태안에서 가장 많은 6,755,171천 원, 전북 부안에서 가장 낮은 12,388천 원이었다. 결론적으로 충남 태안의 경우 넓치의 전체 생산금액은 가장 많은 9,453,193천 원이었으며, 전북 부안은 가장 낮은 338,908천 원으로 나타났다(<표 V-1> 참조).

<표 V-1> 2020년 넓치 방류지역별 생산금액

(단위 : 천 원)

지역	위판(계통)금액	비계통 추정금액	전체 생산금액
인천	1,023,420	1,021,886	2,045,306
경기 화성	677,400	1,992,354	2,669,755
충남 태안	2,698,022	6,755,171	9,453,193
전북 부안	326,520	12,388	338,908
부산	391,007	230,594	621,601
합계	5,116,369	10,012,392	15,128,762

다음으로 생산액 증가분을 도출하기 위하여 전체 넓치 생산금액에서 지역별 혼획률 곱한 결과는 다음과 같았다(<표 V-2> 참조).

<표 V-2> 넙치 방류지역별 편익 산정 결과

지역	위판금액(천 원)	혼획률(%)	생산액 증가분(천 원)
인천	2,045,306	25.0	511,327
경기 화성	2,669,755	23.4	624,723
충남 태안	9,453,193	26.6	2,514,549
전북 부안	338,908	20.7	70,154
부산	621,600	21.9	136,130
합계	15,128,761	-	3,856,883

생산액 증가분 산출법에 의한 방류종자인증 넙치 방류사업의 비용 및 편익 결과는 <표 V-3>과 같았다. 2020년을 기준으로 사회적 할인율을 고려한 넙치의 편익현가는 3,856,883천 원, 비용현가는 1,054,974천 원이었으며, 방류사업의 순편익은 2,801,909천 원이었다.

<표 V-3> 넙치 방류사업 편익 및 비용 도출 결과

(단위: 천 원)

연도	편익	비용	현가요소	편익현가	비용현가	순편익
2017	-	924,470	1.00000	-	924,470	-924,470
2018	-	-	1.04500	-	-	-
2019	-	-	1.09203	-	-	-
2020	3,856,883	-	1.14117	3,856,883	1,054,974	3,856,883

이러한 방류종자인증 넙치 방류사업의 편익과 비용 현가를 바탕으로 방류사업의 경제적 효과를 분석해 보면, 순현재가치(NPV)는 2,801,909천 원이었으며, 편익비용비율은 3.66으로 조사되어 경제성이 있는 것으로 분석되었다(<표 V-4> 참조).

<표 V-4> 넙치 방류사업 순현재가치 및 편익비용비율

(단위: 천 원, 배)

편익현가	비용현가	순현재가치(NPV)	편익비용비율(BCR)
3,856,883	1,054,974	2,801,909	3.66

위와 같은 과정으로 지역별 방류종자인증 넙치 방류사업의 경제성을 추정한 결과는 아래와 같다. 5개 지역 모두 순현재가치가 0보다 크고, 편익비용 비율이 1보다 크게 나타나 경제성이 있는 것으로 나타났다. 편익비용 비율을 기준으로 충남 태안(7.34), 경기 화성(3.25), 전북 부안(2.03), 부산(1.81), 그리고 인천(1.24) 순으로 경제성이 높게 나타났다(<표 V-5> 참고).

<표 V-5> 방류종자인증 넙치 방류사업의 경제성 분석 결과

(단위: 천 원, 배)

구분		편익현가	비용현가	NPV	BCR
매입 방류	인천	511,327	410,820	100,507	1.24
	경기 화성	624,723	192,059	432,663	3.25
	충남 태안	2,514,549	342,350	2,172,199	7.34
생산 방류	전북 부안	70,154	34,511	35,643	2.03
	부산	136,130	75,234	60,897	1.81
전국		3,856,883	1,054,974	2,801,909	3.66

VI. 결론

전국 5개 지역에서 방류비용은 2020년 기준으로 총 10억 5,497만 원이 소요되었으며, 해당지역들의 넙치 생산 증가액은 총 38억 5,688만 원으로 조사되었다. 방류효과 조사 결과, 혼획률은 지역별로 20.7%~26.6%로 크게 분포하며, 전 지역을 기준으로 평균 23.5%인 것으로 나타났다.

선행연구 결과와 비교해 보면, 방류종자인증제 시행 이전에 연구된 서 외(2010)에서의 혼획률 9.18% 그리고 편익비용 비율 2.56에 비해 높은 혼획률과 경제성을 보였다. 또한 황 외(2005)에서 충남지역 방류 넙치의 회수율이 11.26% 그리고 편익비용 비율이 6.97로 나타난 것과 비교해도 본 연구의 충남 태안지역의 혼획률이 26.6%, 편익비용 비율이 7.34로 더 높게 평가되었다.

해양환경 및 기후 변화 등에 의하여 변동이 심한 수산자원의 특성상 이러한 편익비용 비율의 증가를 방류종자인증제 및 방류사업의 효과만으로 단정할 수는 없을 것이다. 하지만 기존의 연구에서 방류사업에 의한 편익을 대단위 지역(동·서·남해 또는 시도 해역) 단위로 산출했던 것에 반하여 방류해역에 국한한 지역으로 수혜효과를 한정하여 분석함으로써 공공사업으로서의 방류사업에 대한 경제적 효과를 재확인할 수 있었다.

다만 본 연구에서의 경제성 평가 결과는 정량적으로 평가 가능한 분야에 한정되어 해양생태계의 존재가치와 방류종자인증제 등 유전적 다양성 유지에 의한 간접적 가치 등은 평가되지 않아 향후 지속적인 연구가 필요할 것으로 판단된다. 또한 어종별 특성을 고려하여 가입 연령, 이동성 여부 등에 따른 방류품종별 차별화된 분석모형을 구축할 필요가 있을 것이다.

본 연구에서는 방류 후 어획 시기를 4년으로 설정하였으나, 방류품종별로 생태적 특성에 의한 시간적 범위, 회유 및 이동성에 따른 편익 등 활용자료의 공간적 범위 등을 품종별로 차별화하여 활용한다면 방류사업에 따른 경제적 효과 분석은 보다 정확해질 수 있을 것이다.

본 연구가 방류종자인증제 시행 이후 첫 인증 종자에 대한 경제성 분석임에도 불구하고 연구 기간 및 관련 자료의 부족으로 기존 평가기법과 크

게 차별화되지 못하였다. 향후 종자 방류사업은 해양환경 및 생태계에 미치는 영향을 파악하기 위한 사전·사후 조사, 양식용 종자와 방류종자 간 내병률, 기형율과 같은 건강성 차이 등을 고려한 방류효과 제고방안 마련, 그리고 수산업의 지속가능한 이용 및 국제 규범 이행 등을 고려한 방류사업의 실질적 관리기반 강화 등이 필요할 것이다.



참고 문헌

[국내 문헌]

국립낙동강생물자원관. (2019). 담수어류의 유전적 다양성 보전·관리 동향 분석.

기획재정부. (2019.). 국가균형발전특별회계 예산안 편성 지침.

공공데이터포털. (2022.). 해양수산부-위판장별 어종별 위탁판매 집계.
<https://www.data.go.kr>. Accessed 22 Sep 2022.

국립수산과학원. (2021). 생태와 어장.

국립수산과학원. (2022). 수산생명자원정보센터. <https://www.nifs.go.kr/frcenter>.
Accessed 15 Oct 2022.

김광수, 황진욱, 박현철. (2006). 울산 연안의 전복 방류사업에 대한 경제적 효과분석. 수산해양교육연구, 18(3), pp.261-271.

김동진. (2012). 비용·편익분석. 박영사.

김대영, 류정곤, 이정삼. (2010). 수산자원조성사업의 합리적인 평가체계 도입 방안에 관한 연구. 수산경영론집, 41(1), pp.1-24.

김대영, 이정삼, 김도훈. (2011). 수산자원회복계획의 성과평가 개선방향에 관한 연구. 수산경영론집, 42(3), pp.15-29.

김봉태, 김대영. (2017). 꽃게 방류사업의 경제성 분석. Ocean and Polar Research, 39(3), pp.213-219.

김현철, 노재구, 박철지, 민병화, 김경길, 김종현, 이정규, 명정인. (2011). 자연산이 도입된 넙치 기초집단의 11개월령 성장형질에 대한 유전모수 추정. 한국수산학회, 53(2), pp.99-106.

노재구, 김현철, 박철지, 이정호, 김종현, 이미숙, 김우진, 김경길, 명정인. (2008). 유전적 다양성이 고려되지 않은 어미 관리에 의한 양식 넙치(*Paralichthys olivaceus*)의 유전적 다양성의 변화. 한국어류학회, 20(4), pp.248-254.

문대연, 정현경, 명정구, 최정화, 권혁준, 백진욱, 홍성열, 김성용. (2015). 2010-2012년 어류표본사업에서 채집된 한국 남해 어류 종 목록. 한국수산과학회지, 48(4), pp.507-528.

부산일보. (2020). 보도자료 “양식산-방류인증 넙치의 유전적 다양성 비교 분석을 통해 방류종자인증제 사업성과 확인”. 2020.10.29.

서주남, 백진이, 김도훈. (2010), 넙치 종묘방류사업의 경제적 효과분석. Ocean and Polar Research, 32(4), pp.483-488.

생물다양성협약사무국. (2014). 제4차 지구생물다양성 전망. (한국환경정책평가연구원 번역). 몬트리올.

생물다양성협약사무국. (2020). 제5차 지구생물다양성 전망. (국립생물자원관, 한국환경정책평가연구원 번역). 몬트리올.

송정현, 홍재범. (2009). 볼락 방류사업의 현황 및 과제 - 경제효과분석을 중심으로 -. 수산경영론집, 40(3), pp.69-88.

송정현, 강종호. (2016). 다슬기 방류사업의 현황 및 과제 - 경제효과분석을 중심으로 -. 수산해양교육연구, 28(2). pp.450-455.

정달상, 김광수, 김경길. (2006). Microsatellite DNA marker를 이용한 넙치, *Paralichthys olivaceus* 방류종묘의 유효어미수 평가. 한국양식학회지. 19(3), pp.205-209.

정달상, 노재구, 명정인, 이정호, 김현철, 박철지, 민병화, 하동수, 전창영. (2019). 넙치, *Paralichthys olivaceus* 자연 집단과 양식 집단의 유전학적 다양성 비교. 한국어류학회지, 21(4). pp.221-226.

조훈석, 남종오. (2019). 충남지역 수산종자방류사업 경제성 분석: 꽃게를 중심으로. 해양정책연구. 34(1). pp. 177-198.

통계청. (2022.). 국가통계포털 - 어업생산동향조사. <http://kosis.kr/>. Accessed 21 Aug 2022.

한국수산자원관리공단. (2015a). 건강종묘 생산방류사업 최종보고서.

한국수산자원관리공단. (2015b). 종묘방류사업 고도화 방안 및 경제성 분석.

한국수산자원관리공단. (2016). 2014~2016년 참조기 매입방류사업의 경제적 효과 분석.

한국수산자원관리공단. (2017). 수산종자 방류효과조사 사업보고서.

한국수산자원관리공단. (2018a). 남해안 수산종자방류 효과조사 대상종 경제성 분석.

한국수산자원관리공단. (2018b). 수산종자방류사업 대상품종 경제성 분석 (충남, 인천, 군산).

한국수산자원관리공단(2019). 인천 민어 방류사업 경제성 분석.

한국수산자원공단(2020). 2019년도 수산종자 자원관리사업 최종보고서.

한국수산자원공단(2021). 2020년도 수산종자 자원관리사업 최종보고서.

한국수산회. (2014). 수산자원조성사업의 환경개선 및 경제적 효과 분석과 개선방안에 관한 연구.

한지성. (2022). 국내 해삼(*Apostichopus japonicus*)의 집단유전학분석과 혈연관계 조사 연구. 부경대학교 박사학위논문.

해양수산부. (2013). 수산종묘방류 중장기 발전방안.

해양수산부. (2014). 수산자원관리시행계획.

해양수산부. (2017). 보도자료 “건강한 수산종자 방류하여 풍요로운 바다 만든다.”. 2017.4.27.

해양수산부. (2018). 수산종자관리사업 지침.

해양수산부. (2021). 수산종자 방류지침.

해양수산부. (2022). 수산종자 방류 현황. <http://www.mof.go.kr/>. Accessed 8 May 2022.

황진욱, 이권혁, 정달상, 김광수. (2005). 「수산종묘방류사업의 경제성 평가. 수산경영론집, 36(1), pp.121-138.

Jarvis, D. I., C. Padoch, and H. D. Cooper. (2010), 농업생태계 다양성의 보존과 활용 (국립농업과학원 편역), 농촌진흥청. p.436.

[국외 문헌]

Alfonso, S. (2004). Effectiveness of releasing gilthead sea bream (*Sparus aurata*, L.) for stock enhancement in the bay of Cádiz. *Aquaculture*, 231(1), pp.135-148.

Allendorf, F.W., & N. Ryman. (1987). Genetic management of hatchery stocks. - In: *Population Genetics & Fishery Management* (eds Ryman, N. & F. Utter). University of Washington Press, pp.141-159.

Anastasios, X. (1995). Managing the International Commons: Resource Use and Pollution Control. *Environmental and Resource Economic*, 5(4), pp.375-391.

FAO. (2019). *FISHERY AND AQUACULTURE STATISTICS 2019*.

Fujio, Y., Nakajima, M., Showa, H. (1997). Selection and inbreeding depression in maintenance of a stock population of the apple snail *Pomacea canaliculata*. *Fisheries Science*, 63, pp.368-371.

Fujiwara, K. (2012). Stocking effectiveness of nigorobuna *Carassius auratus grandoculis* in Lake Biwa. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 78(3), pp.421-428.

Hamasaki, K., & Kitada, S. (2008). The enhancement of abalone stocks: lessons from Japanese case studies. *Fish and Fisheries*, 9(3), pp.243-260.

Hirotooshi, S. (2007). Contribution of hatchery-reared red sea bream *Pagrus major* to the commercial landings in Kagoshima Bay, Japan. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 73(2), pp.270-277.

Jung-Ha Kang, Yi-Kyong Kim, Mi-Jung Kim, Jung-Yeon Park, Chul-Min An, Bong-Seok Kim, Je-Cheon Jun, Sang-Kyu Kim. (2011). Genetic differentiation among populations and color variants of sea cucumbers (*Stichopus japonicus*) from Korea and China. International journal of biological sciences, 7(3), p.323-332.

Kanno, M., Li, Q., Kijima, A. (2005). Isolation and characterization of twenty microsatellite loci in Japanese sea cucumber (*Stichopus japonicus*). Mar Biotechnol, 7(3), pp.179-183.

Kitada, S. (2016). Effectiveness of hatchery supplementation and its impacts on wild populations, Nippon Suisan Gakkaishi, 82(3), pp.241-250.

Kitada, S. (2018). Economic, ecological and genetic impacts of marine stock enhancement and sea ranching: A systematic review. Fish and Fisheries, 19(3), pp.511-532.

Kitada, S., & Fujishima, H. (1997). The stocking effectiveness of scallop in Hokkaido. Nippon Suisan Gakkaishi, 63(5), pp.686-693.

Norris, A., D. Bradley, P. Cunningham. (1999). Microsatellite genetic variation between and within farmed and wild Atlantic salmon (*Salmo salar*) populations. Aquaculture, 180(3), pp.247-264.

Norris, A., D. G. Bradley, P. Cunningham. (2000). "Parentage and relatedness determination in farmed Atlantic salmon (*Salmo salar*) using microsatellite markers. Aquaculture. 182(1). pp.73-83.

Taniguchi, N., & Nugroho, E. (2001). Estimation of effective population size and inbreeding coefficient in hatchery reared red sea bream by microsatellite DNA markers. *Fish Genet. Breed Sci.*, 30, 89-95

Toshihiro, W. (2012). Effectiveness of stock enhancement of a rare species, spotted halibut *Verasper variegatus*, in Fukushima, Japan. *Aquaculture*, 364-365, pp.230-239.

Toshihiro, W. (2014). Fishery characteristics of barfin flounder *Verasper moseri* in southern Tohoku, the major spawning ground, after the start of large-scale stock enhancement in Hokkaido, Japan. *Fisheries Science*, 80, pp.1169-1179.

Yamazaki, H. (2007). Stocking Effectiveness of Japanese Spanish mackerel *Scomberomorus niphonius* in the eastern Seto Inland Sea. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 73(2), pp.210-219.