

양식업부문의 시장유인적 탄소저감 방안에 관한 연구[†]

- 배출권거래제 외부사업을 중심으로 -

정필규¹ · 신용민*

¹국립부경대학교 대학원 자원환경경제학과 연구원, *국립부경대학교 해양수산경영경제학부 교수

A Study on Carbon Reduction Measures in Korean Aquaculture Using the Carbon Offset Market

- Focused on the External Projects of the Emission Trading System (ETS) -

Pil-Gyu Jung¹ and Yong-Min Shin*

¹Researcher, Division of Marine & Fisheries Business and Economics, College of Fisheries Sciences, Pukyong National University, Busan, 48513, Rep. of Korea

*Professor, Division of Marine & Fisheries Business and Economics, College of Fisheries Sciences, Pukyong National University, Busan, 48513, Rep. of Korea

Abstract

As global climate change impacts become more apparent, countries are implementing various policies to achieve carbon neutrality that can be categorized into direct regulations and market-based indirect regulations. The latter, utilizing economic incentives, is considered more efficient in transforming corporate behavior and promoting voluntary efforts for carbon reduction. In alignment with international trends, South Korea has introduced the Emission Trading System (ETS) in 2015. Despite this, the domestic carbon market remains underdeveloped, with low ETS participation, particularly in the aquaculture sector. In order to activate external projects under the ETS, this study proposes short-term strategies including linking ETS with popular eco-friendly energy distribution projects, developing standardized monitoring techniques, and integrating carbon reduction initiatives with other support mechanisms such as direct payment programs. Long-term strategies focus on developing new methodologies for external projects, promoting the use of renewable energy, and enhancing technologies to reduce energy consumption in aquaculture operations. By implementing these strategies, the study aims to enhance the participation of the aquaculture sector in carbon reduction efforts, contributing to the overall goal of carbon neutrality.

Keywords : Climate Change, Emission Trading System, Aquaculture, Korean Offset Credits, Heat Pump

Received 22 July 2024 / Received in revised form 24 September 2024 / Accepted 24 September 2024

[†] 본 연구는 해양수산부(2024)의 “탄소시장 등을 활용한 양식산업 탄소 저감 방안에 관한 연구”의 일부를 수정·보완한 연구임.

*Corresponding author : <https://orcid.org/0000-0001-9380-6131>, +82-51-629-5313, ymshin@pknu.ac.kr

¹ <https://orcid.org/0009-0001-3955-1876>

© 2024, The Korean Society of Fisheries Business Administration

I. 서론

전 세계적으로 기후변화로 인한 피해가 가시화되고, 탄소 저감을 요구하는 국제적 규제가 확산됨에 따라 각국은 탄소중립 목표 달성을 위한 다양한 정책을 추진하고 있다. 탄소중립 정책은 일반적으로 규제당국이 직접 배출량을 제한하는 직접 규제와 시장기능을 활용한 간접 규제로 구분할 수 있다. 직접 규제는 간접 규제에 비해 집행이 용이하며 단기간에 성과를 볼 수 있다는 장점이 있다. 그러나 개별 경제주체들의 가격과 비용에 영향을 주는 경제적 유인 수단이 탄소 저감에 관한 인식을 전환하고 비용효율적인 자발적 노력을 유도할 수 있다는 점에서 간접 규제가 더 효과적인 정책으로 여겨지고 있다(김선화 · 이경락, 2012).

이에 따라 주요 국가들은 탄소배출의 사회적 비용을 반영한 탄소가격제와 같은 시장원리 기반의 정책 수단을 적극적으로 도입 · 시행하고 있다. 탄소가격제는 오염자부담원칙에 따라 탄소배출에 대해 가격을 부여하여 배출량 감축을 유도하는 경제적 유인 수단으로 탄소세, 배출권거래제 등이 대표적이다. 이 중에서도 배출권거래제는 탄소세와 달리 조세저항 없이 재정수입을 확보할 수 있고, 거래를 통해 비용 효과적으로 탄소 감축이 가능한 정태적 효율성과 중장기적으로 탄소배출 저감 기술개발을 유인하는 동태적 효율성을 모두 기대할 수 있어 이를 도입하고 있는 국가가 늘어나고 있다(World bank, 2023).

우리나라도 이러한 국제적 추세에 맞추어 2015년 「저탄소 녹색성장 기본법」을 통해 배출권거래제를 도입하였다. 같은 해 「온실가스 배출권의 할당 및 거래에 관한 법률(이하 ‘배출권거래법’)」을 제정하고, 자발적 탄소시장인 배출권거래제 상쇄제도를 운용해 오고 있다. 상쇄제도란 외부의 배출시설 등을 통해 감축한 실적인 외부사업 인증실적(Korea Offset Credit, KOC)을 할당 대상업체가 구매하여 상쇄배출권(Korea Credit Unit, KCU)으로 전환하여 거래를 허용하는 제도이다.

그러나 상향된 온실가스 감축목표에도 불구하고 배출권 가격이 하락하는 등 배출권거래제의 시장기능이 아직 활성화되지 못하고 있다. 이는 국내 탄소시장의 미성숙과 기업들이 공정과 에너지 전환을 통한 자발적 감축에 더 의존하고 있기 때문이라 할 수 있다. 정부는 배출권거래제의 실효성 제고를 위해 2022년 온실가스 감축 촉진을 위한 배출권거래제 개선 방안을 발표하는 등 여러 방안을 모색하고 있다(구현화, 2023). 장기적으로는 배출권 할당 대상의 확대와 국제적 탄소세 부과 등으로 인해 배출권 가격의 상승과 시장 활성화가 예상된다.

배출권 할당 대상 기업들로서는 공정 전환을 통해 단기간에 직접 배출량이나 간접 배출량을 대폭 감소하는 데에 한계가 있고, 기업의 가치사슬에서 발생하는 모든 간접 배출량에 대한 단계적 의무화가 논의되는 등 기업의 부담은 점차 심화할 것으로 예상된다. 이로 인해 할당 대상 기업들의 부담을 완화하고 비용 효과적인 감축 수단 제공 등 유연성을 보장해 주는 배출권거래제 외부사업에 대한 수요가 늘어날 것으로 예상된다.

이에 따라 농업과 같은 타 산업부문에서는 외부사업 신규방법론 개발을 위한 연구가 활발히 진행되고 있으며, 외부사업 참여를 늘리기 위한 여러 방안이 모색되고 있다(김장길 · 임정민, 2021; 정학균 외 2022). 그러나 아직 수산업부문에서 외부사업 참여는 극소수이며, 양식업보다는 어선어업 관련 외부사업이 주를 이루고 있다. 양식업은 타 식품산업에 비해 탄소 배출량이 적은 것으로 여겨지고 있으나, 전력, 사료 등을 많이 사용한다는 점에서 어선어업 대비 탄소 배출량이 많다고 할 수 있다(우경원 · 신용민, 2022). 더구나 향후 육상양식업의 확대나 스마트양식 확산 등으로 인해 양식업부문의 탄소

배출량은 더욱 늘어날 것으로 예상된다. 이런 점에서 양식업부문에서의 에너지 절감이나 탄소 저감 방안 마련은 보다 적극적으로 검토될 필요가 있다.

본 연구에서는 이러한 취지에서 양식업부문의 시장유인적 탄소저감 확산을 위해 배출권거래제 외부사업 활성화가 필요하다고 보고, 이에 대한 정책적 개선방안을 찾아보고자 한다. 본 연구의 구성은 서론에 이어 II장에서는 양식업부문 외부사업 현황 및 문제점을 살펴보고자 한다. 그리고 III장에서는 양식업부문의 배출권거래제 외부사업 활성화를 위한 단기적·중장기적 방안을 제시하고, 마지막 IV장에서 결론을 맺고자 한다.

II. 양식업부문 외부사업 현황

1. 배출권거래제 외부사업 현황

1) 배출권거래제 외부사업

배출권거래제 상쇄제도의 일환인 배출권거래제 외부사업(이하 ‘외부사업’)은 「배출권거래법」 및 관련 시행령에 따라 운영되고 있으며, 할당대상업체의 조직 경계 외부의 배출시설 또는 배출활동 등에서 국제적 기준에 부합하는 방식으로 온실가스를 감축, 흡수, 제거하는 사업이다. 온실가스 감축 활동을 수행하여 배출량 인증위원회로부터 인증받은 외부사업 인증실적(KOC) 취득 시, 전부 또는 일부를 상쇄배출권(KCU)으로 전환 후 거래 또는 제출을 통해 할당 대상업체의 감축 활동 방식 선택의 유연성을 부여하는 제도이다.

외부사업 제도는 시장친화적인 제도로 유용성이 입증되고 있으며, 외부사업으로 인한 총 감축량과 방법론 수는 지속적으로 증가하고 있다¹⁾. 외부사업을 적극적으로 활용해야 하는 이유는 다음과 같다.

첫째, 외부사업을 통해 보다 유연하고 비용 효율적인 감축 방법을 채택할 수 있으며, 이는 기업의 경쟁력을 높이는 데 도움이 될 수 있다. 둘째, 다양한 외부사업 추진 시 시장 내 배출권 공급량이 증가하여 배출권 시장의 유동성 증가 및 시장 안정성을 도모할 수 있다. 셋째, 외부사업 활성화는 기술 혁신을 촉진한다. 외부사업은 다양한 재생 에너지 또는 에너지 효율화 등을 포함한 신규 기술의 개발과 도입을 촉진하며, 이는 장기적으로 온실가스 감축에 큰 기여를 할 수 있을 것으로 예상된다. 넷째, 외부사업은 국제적인 기준에 맞추어 수행되어야 하기에 향후 국제적인 시장에서의 신뢰성 확보를 도모할 수 있을 것으로 예상된다. 마지막으로 외부사업은 할당대상업체나 관련 산업이 아닌 부문이나 경제주체도 배출권 거래시장에 동참할 수 있게 함으로써 탄소 저감에 대한 인식을 확산하고, 국가적 탄소 저감 노력이 강화될 수 있다.

2) 양식업부문 외부사업 참여 실태

2024년 5월 기준 상쇄등록부시스템에 등재된 외부사업 방법론 295건 중 해양수산분야에 적용할 수 있는 방법론은 약 10가지가 있다. 이 중에서 현재 양식업부문에서 도입할 수 있는 방법론은 ‘농촌지역에서 미활용 열에너지를 이용한 화석연료 사용량 절감 사업의 방법론’과 ‘농촌지역에서 히트펌프를 이용한 온실가스 감축 사업의 방법론’ 등 두 가지가 있다.

1) 2024년 6월 기준 외부사업으로 인한 총감축량은 약 5,140만 톤이며, 방법론 수는 296건임

양식업부문에서는 이들 방법론에 따라 2023년 하반기 기준 3건이 승인되었으며, 9건은 검토 중인 것으로 나타났다(<표 1> 참조). 신청된 외부사업은 화석연료 사용량 절감사업에 해당하는 히트펌프가 10건으로 대부분을 차지하였으며, 미활용 열에너지인 발전소 폐열 활용은 2건에 불과하다.

해양수산부의 ‘양식장 친환경에너지 보급사업’을 통해 상당수의 어류양식 또는 종자생산 어가들이 히트펌프를 설치하였다. 이는 육상양식장의 에너지 효율을 개선하기 위하여 신재생에너지 이용기술을 활용한 에너지 절감시설을 양식어가에서 설치할 시 비용의 일부를 지원하는 사업으로, 이를 통해 양식장의 경영수지 개선 효과는 매우 큰 것으로 나타났다(해양수산부, 2017). 이 시설을 가동할 경우, 양식수조의 수온을 적정 수준으로 유지하는 것이 용이해져 양식생산물 품질 향상 및 생산량 증대 효과도 함께 나타나는 것으로 분석되었을 뿐 아니라, 이 시설에서는 화석연료를 사용하지 않으므로 기존의 난방기를 사용하는 경우와 비교하여 탄소배출량도 크게 줄일 수 있어 환경보전 측면에서도 바람직한 결과를 가져오는 것으로 나타났다(한국농어촌공사, 2022). 실제 전남 완도지역 어류양식 어가의 경우, 기존의 경우 기반 보일러 사용 가온 방식에 비해 연간 총매출액이 약 30% 증대하였으며, 겨울철에도 종자를 생산하는 등 계절적 제약요인이 사라져 히트펌프 보급사업에 대한 만족도는 매우 높은 것으로 조사되었다(해양수산부, 2024).

그러나 이들 어가들이 외부사업에 참여하는 경우는 극히 드문데, 이는 외부사업 참여에 따른 경영수지 개선 효과가 적은 것이 핵심적인 이유이다. 상쇄등록부 상의 외부사업 사업계획서를 살펴보면, 최소 122tCO₂-eq/년에서 최대 523tCO₂-eq/년의 범위에서 온실가스 저감 효과가 있는 것으로 되어 있다. 이는 2024년 4월의 배출권 가격이 8.600원/톤을 고려하면 연간 배출권 판매수입이 100~400만 원대에 불과한 셈이다(<표 2> 참조).

또 다른 방법론인 미활용 열에너지를 이용한 화석연료 사용량 절감사업 방법론을 기반으로 참여한 제주지역 영어조합법인의 경우, 화력발전소의 배출수를 히트펌프로 활용하여 돌돔과 붉바리 양식업에 활용한 바 있다. 이 법인의 모니터링 기간 중 총 온실가스 감축량은 약 8,483tCO₂-eq(1차), 6,887tCO₂-eq(2차)로 상당량의 온실가스를 저감할 수 있는 것으로 나타났으며, 이에 따른 예상 판매 수입도 어가 경영에 도움이 될 수 있는 것으로 확인되었다(<표 3> 참조). 그러나 또 다른 참여사례인 보령수협중묘의 경우, 배출권 판매수입이 연간 100만 원대에 불과한 것으로 나타나 대조를 보이고 있다.

<표 1> 양식업부문 외부사업 현황

순번	사업명	승인 여부
1	행복나눔영어조합법인의 미활용에너지를 활용한 온실가스 배출 감축사업	승인(2019.05.15.)
2	호남수산의 히트펌프를 이용한 온실가스 배출 감축사업	보완 중
3	경북 상주 큰징거미새우 양식어가 히트펌프 설치사업	보완 중
4	히트펌프식 김건조기 보급을 통한 에너지 절감 사업	보완 중
5	정우수산의 히트펌프(해수열)를 이용한 온실가스 배출 감축사업	승인(2022.12.19.)
6	옴프수산의 히트펌프(해수열)를 이용한 온실가스 배출 감축사업	보완 중
7	양지수산의 히트펌프(해수열)를 이용한 온실가스 배출 감축사업	보완 중
8	정충호 어가의 히트펌프를 이용한 온실가스 배출 감축 사업	보완 중
9	이인환 어가의 히트펌프를 이용한 온실가스 배출 감축 사업	보완 중
10	최혜란 어가의 히트펌프를 이용한 온실가스 배출 감축 사업	보완 중
11	박용철 어가의 히트펌프를 이용한 온실가스 배출 감축 사업	보완 중
12	보령수협중묘주식회사 미활용 열에너지를 이용한 온실가스 감축사업	승인(2023년 4분기)

자료: 상쇄등록부시스템(<https://ors.gir.go.kr/ors/>)

<표 2> 히트펌프 사용 양식어가별 예상 감축량 및 수입

어가명	양식 품종	가동 기간	예상 감축량 (tCO ₂ -eq/년)	배출권 판매수입 (천 원/년)
정우수산	넙치	1~4월	374	3,216.4
정충호 어가	넙치	1~5월	122	1,049.2
이인환 어가	넙치	1~6월	289	2,571.4
양지수산	넙치	2~5월 말/6월 초	206	1,771.6
으뜸수산	전복, 넙치	2~4월	523	4,497.8
최혜란 어가	넙치	1~3월	254	2,184.4

주: 판매수입은 2024년 4월 배출권 시세인 8,600원 적용
 자료: 상쇄등록부시스템(<https://ors.gir.go.kr/ors/>)

<표 3> 행복나눔영어조합법인의 온실가스 감축량

모니터링 차수	구분	온실가스 감축량 (tCO ₂ -eq/년)	예상 수익 (천 원/년)
1차	1차년도 (2017.01.01~12.31)	-	-
	2차년도 (2018.01.01~12.31)	3,387.40	29,131.64
	3차년도 (2019.01.01~12.31)	5,105.13	43,904.12
	합계	8,483	73,035.76
2차	4차년도 (2020.01.01~12.31)	4,408.48	37,912.93
	5차년도 (2021.01.01~09.30)	2,479.35	21,322.41
	합계	6,887.83	59,235.34

주: 모니터링 기간의 실제 데이터를 활용하여 감축량을 산정해야 하므로 1차년도의 온실가스 감축량은 발생하지 않음. 5차년도 9월까지의 온실가스 감축량만 산정됨. 예상 수입은 2024년 4월 배출권 시세인 8,600원을 적용함
 자료: 상쇄등록부시스템(<https://ors.gir.go.kr/ors/>)

2. 양식업부문 외부사업의 문제점

1) 히트펌프 기반 외부사업

우리나라는 2011년 시작한 양식장 친환경에너지 보급사업을 통해 다수의 히트펌프를 양식어가에 보급하였다. 히트펌프가 기존의 보일러식 가온 방법 대비 탄소 저감 효과가 있고, 외부사업 참여 방법론이 등록되어 있음에도 외부사업 참여는 극히 저조하다. 그 이유는 다음과 같은 몇 가지 문제로 집약된다.

첫째, 외부사업 참여에 따른 경제적 효과가 매우 적다는 점이다. 앞서 살펴본 바와 같이 외부사업 참여에 따른 배출권 판매수입이 전체 경영수지에 미치는 영향이 미미하다. 어류양식 어가의 전체 경영비 구조를 살펴보면, 전기요금 등의 에너지 비용이 높은 비중을 차지하고 있다(김남리 외, 2023). 일례로 1,500평 규모의 제주도 소재 넙치 양식장의 경우, 연간 전기요금이 4~5억 원에 달하는 데 비해 외부사업 참여에 따른 배출권 판매수입은 연간 약 1천만 원에 불과하여, 경영수지 개선에 별다른 도움이 되지 못하고 있다(해양수산부, 2024). 이로 인해 어업인들이 생산성 증대를 위해 히트펌프를 도입하면서도 외부사업 참여는 기피하고 있다. 더구나 최근의 전기요금 상승과 고수온 현상으로 인해 히트펌프의 유용성이 점점 떨어지고 있고, 국내 배출권 거래 가격의 하락 역시 경영수지 개선 효과를

저하시키는 요인이 되고 있다.

둘째, 사업 참여 과정의 복잡한 절차가 외부사업 활성화의 걸림돌로 작용하고 있다. 농업분야 외부사업의 사례를 보면, 모니터링 등 사업 등록 및 감축 인증 자료 준비의 어려움, 긴 소요 시간, 관련 절차의 복잡함 등이 애로사항으로 조사(정학균 외, 2019)되었으며, 이는 양식업부문 사례 연구에서도 공통으로 지적하고 있다(한국농어촌공사, 2022).

셋째, 외부사업 추진에 필요한 비용 부담의 문제이다. 온실가스 감축량 산정을 위해서는 모니터링용 계측기, 유량계 등의 설치와 관리가 필요하나, 별도의 지원사업이 시행되지 않는 한 어업인 스스로 이를 부담하기가 어렵다. 이처럼 계측기나 유량계의 설치와 관리, 모니터링 등은 양식어업인이 외부사업을 목적으로 부담하기가 어려우나, 현재 이에 대한 정부의 지원사업이 시행되지 않고 있으며, 전담하여 지원하는 기관도 없다.

2) 발전소 폐열 기반 외부사업

국내에서도 화력발전소나 원자력발전소에서 배출되는 폐열²⁾을 사용하여 양식장을 운영한 사례가 다수 있다. 폐열을 활용함으로써 양식수 가온 비용을 크게 절감할 수 있고, 정부에서도 이러한 폐열 활용을 위한 정책(산업통상자원부, 2023)을 강화하고 있으며, 이를 활용한 외부사업 방법론이 등록되어 있으나 외부사업으로 신청한 사례는 2건에 불과하다.

이러한 이유는 우선 히트펌프 사용과 달리 발전소 폐열을 활용하는 양식장은 발전소에 인접해야 하는 근본적인 제약이 있기 때문이다. 발전소 폐열 활용으로 외부사업에 참여한 제주지역 영어조합법인의 경우, 산업자원부의 연구개발 지원사업을 통해 양식장을 건설하여 이를 통해 외부사업을 신청한 사례이다. 또 다른 사례인 보령수협종묘의 경우, 한국중부발전이 보령시, 보령수협 등과의 협력사업을 통해 보령화력발전소 내에 양식장을 건립하였기 때문이며, 외부사업도 추가적 수입 또는 양식장 경영비 개선 목적이 아닌 발전 공기기업의 ESG 경영 차원에서 추진한 경우이다.

이처럼 발전소 폐열을 활용한 외부사업 참여 활성화는 양식장 입지와 시설 설치 등의 면에서 근본적인 한계가 있다. 기존 발전소 인접 양식장의 경우에도 발전 공기기업 등이 외부사업 참여에 소극적인데, 이 역시 배출권 가격 하락 등 탄소시장이 활성화되지 않은 이유가 큰 것으로 보인다.

Ⅲ. 양식업부문 외부사업 활성화 방안

1. 단기적 활성화 방안

1) 친환경에너지 보급사업과의 연계

히트펌프 설치를 지원하는 정부의 친환경에너지 보급사업에 대한 양식어업인들의 호응도는 매우 높다. 그러나 현재의 친환경에너지 보급사업이 배출권거래제 외부사업과는 별개로 추진되고 있어 어업인들이 외부사업에 대해 인지하지 못하고 있는 경우가 대부분이다. 이에 따라 어업인들의 수요가 높은 친환경에너지 보급사업과 배출권거래제 외부사업을 연계하여 외부사업에 대한 참여를 높일 필요가 있다.

2) 민간을 제외한 한국전력 자회사 6개 사의 최근 5년간(2018~2022년)의 연평균 온배수 배출량은 약 617억 톤에 달함 (한국서부발전, 2023)

이를 위해서는 ‘친환경에너지 보급사업 지침’의 개정이 필요하다. 현 지침상 사업자 선정 우선순위에는 지원자금의 한계로 적정 시설 규모보다 적게 지원된 경우나 친환경수산물 인증을 받은 자 등에 우선권이 부여될 뿐 외부사업 관련 내용은 없다. 이에 사업자 선정 우선순위에 외부사업에 참여하는 어가에 가점(우선권)을 부여하거나, 사업비용에 온실가스 감축량 모니터링에 필요한 부대비용 지원, 추가 설치 희망 시 일부 자금을 지원하는 방안 등을 포함시킬 필요가 있다.

또한 히트펌프 설치 시 양식장 내 모니터링에 필요한 계측기나 유량계 등을 동시에 설치함으로써 어업인들의 불편과 관련 비용의 절감을 유도할 수 있다. 현재는 사후적으로 모니터링 기기를 설치함에 따라 어업인들이 이를 기피하거나 적정 설치 장소를 찾기 힘든 문제가 제약요인으로 작용하고 있어 이를 개선할 필요가 있다.

2) 모니터링 표준화기법 개발

배출권거래제 외부사업 참여를 통해 탄소 감축량을 인정받기 위해서는 물, 전기 등의 사용량에 대한 모니터링이 필수적이다. 그러나 모니터링을 위해 필요한 계측기, 유량계 등의 설치와 장기간의 사후관리는 외부사업 참여 비용을 증대시키고, 어업인들의 불편을 초래하고 있어 외부사업 추진 활성화를 위해서는 이에 대한 대책 마련이 시급하다.

이를 개선하기 위해서는 농업분야와 같이 특정 시설과 장비별로 탄소 저감량을 표준화하여 국가 고유 배출계수 및 보정계수를 개발할 필요가 있으며, 궁극적으로는 모니터링 절차가 간소화되어야 한다. 즉, 히트펌프 등의 기계적 열량 체크와 양식장의 지역별·규모별·양식종별 시설과 장비의 표준화에 착수하여야 한다. 표준화를 위해서는 표본 어가를 선정하여 관련 조사와 모니터링 사업을 선제적으로 추진하도록 하여야 한다.

이를 통해 향후 농업분야와 마찬가지로 양식업부문에서도 온실가스 배출량 산정을 위한 국가 고유 배출계수를 개발하여 대상 어가마다 모니터링에 따른 비용 부담과 불편을 최소화할 필요가 있다.

3) 탄소 감축 지원수단과의 연계

현재로서는 경영수지 개선의 이유로 양식어업인들이 외부사업에 참여할 가능성이 낮다. 따라서 추가적 지원 수단의 마련 또는 다른 지원정책과의 연계가 필요하다. 그 방안의 하나로 탄소저감 활동을 지원하는 선택형 직불제 도입이 필요하다. 이는 농업분야에서 도입을 추진 중인 탄소중립 직불제와 같이 양식업부문에서도 탄소를 저감하는 생산방법, 생산기술이나 설비의 도입 시 이를 공익직불금의 형태로 지원하는 것이다.

현재 외부사업 참여에 따른 어가 수입이 크지 않다는 점에서 추가적 지원수단을 마련함으로써 외부사업 참여율을 높일 수 있는 효과적 유인수단이 될 수 있다. 특히 외부사업 방법론으로 활용 중인 히트펌프의 경우, 탄소 저감 효과가 명확하기에 기본적으로 공익직불금 지급 대상이 될 수 있을 것으로 보인다(남귀숙 외, 2022).

양식업과 유사한 사업인 축산부문의 경우, 온실가스 배출 저감을 위한 저탄소·저단백 사료를 상용화하기 위해 2024년부터 일부 축종을 대상으로 직불금을 지급하고 있는 만큼, 양식업부문에서도 별도의 유사한 직불제를 도입하여 어업인들의 자발적 참여를 통해 수산분야 온실가스 감축목표 달성에 기여할 필요가 있다.

4) 자발적 온실가스 감축사업의 도입

현재 농업분야에서는 외부사업 외에 온실가스 감축에 대한 ‘농업·농촌 자발적 감축사업’이 시행되고 있다. 이는 농림축산식품부 자체 방법론에 따라 감축 실적 톤당 1만 원의 인센티브를 지급하는 사업으로, 외부사업과의 차이는 <표 4>와 같이 탄소시장을 통하지 않고 자체적으로 운영함에 따라 간편하고 가격 변동성이 없는 장점이 있다. 농업분야에서는 환경보전과 탄소 감축목표 달성 등과 같은 공익을 창출하도록 이러한 자발적 감축사업을 도입하였으며, 이로 인해 농업인은 자발적으로 탄소감축사업에 참여할 수 있게 되었다.

그러나 현재 양식업부문에서는 환경부 주관의 배출권거래제 외부사업 단일 제도만이 운용되고 있으며, 추진 절차의 복잡성 및 낮은 인지도 등으로 어업인들의 참여율이 저조한 실정이다. 따라서 어업인들의 참여율을 높이고 동시에 자발적 감축 노력을 유도하기 위해서는 어업·양식업부문에도 해양수산부 차원의 독자적인 온실가스 감축사업을 도입할 필요가 있다.

특히 전술한 바와 같이 자발적 온실가스감축사업 도입 시, 감축량 인 증은 외부사업의 주무부처인 환경부를 거치지 않고 해양수산부가 간소화된 방식으로 자체적으로 진행함에 따라 관련 비용을 줄일 수 있고, 배출권 가격과 달리 고정된 가격으로 정부가 감축분을 구매함으로써 사업 참여에 따른 편익의 예측 가능성을 높여 양식어가의 적극적인 참여를 유도할 수 있을 것으로 판단된다.

<표 4> 농업·농촌 자발적 온실가스 감축사업과 배출권거래제 외부사업 비교

구분	농업·농촌 자발적 온실가스 감축사업	배출권거래제 외부사업
운영예산	농림축산식품부	환경부
운영체계	농림축산식품부	환경부 주무관청 각 부처 관장기관
감축실적 수요	농림축산식품부 구매	배출권거래제 할당 대상업체
크레딧 가격	10,000원/tCO ₂	시장변동가격
감축사업자 부담비용	-	150~300만 원(검증비용)
감축량 인증 유효기간	3년	7~21년(갱신형) 또는 10년(고정형)
사업등록 소요기간	3개월 내외	1년 내외
추진절차	방법론 등록 → 사업승인 → 감축량 인증	관장기관에서 타당성 평가 → 환경부 협의 → 배출량 인증위원회 심의 → 부문별 관장기관 승인·등록
사업규모	극소규모 감축사업이 적정 (연간 100tCO ₂ 이하)	검증비 부담으로 일정 규모 이상이 적정 (연간 100tCO ₂ 이상)
방법론 수	16개	17개

자료: 농림축산식품부(2021)

5) 프로그램 감축사업 추진

국내의 외부사업은 등록 유형에 따라 단일감축사업, 묶음감축사업 및 프로그램 감축사업으로 구분된다. 우선, 단일감축사업이란 개별 주체가 단일 감축 아이টে็ม으로 추진하는 사업으로, 연간 예상 감축량에 따라 일반, 소규모, 극소규모로 세분된다. 그러나 현재 히트펌프 또는 발전소 폐열을 활용하는 방법론의 경우, 연간 예상 탄소 감축량이 매우 적어 외부사업 참여에 따른 수입 역시 적어 단일 감축 사업으로는 어업인들의 외부사업 참여율을 높이기에는 한계가 있다.

이러한 문제를 완화하는 방안으로 소규모 생산자들에게 적합한 사업 방식인 묶음 감축 또는 프로그램 감축을 활용하는 방안이 필요하다(<표 5> 참조). 묶음 감축사업이란 연간 감축량이 15,000톤 이하의 소규모 사업 또는 500톤 이하의 극소규모 외부사업 여러 개를 묶은 하나의 사업이다. 소규모 양식 어가들을 지역단위로 묶어 외부사업에 등록할 경우, 외부사업 참여에 따른 비용을 절감할 수 있으며, 나아가 동참을 통한 공동의 이해관계 조성, 사업 조직화, 관리 효율화 등의 다양한 효과를 기대할 수 있을 것으로 보인다.

다음으로 프로그램 감축사업이란 일관된 사업목적에 따라 자발적으로 시행되는 사업으로, 단위 사업의 상시 추가가 가능한 사업을 말한다. 프로그램 감축사업을 기반으로 지역별 동일 유형의 양식장을 일괄적으로 참여시키면 개별 어가별 사업추진에 따른 비용 부담 완화와 더불어 양식장별 이해조정 과정이 줄어들고, 사업의 규모가 점진적으로 커짐에 따라 홍보 효과도 얻을 수 있을 것이다.

특히 국내 양식업은 스마트 양식 기술의 확산과 대규모 양식단지의 추진으로 간접 탄소 배출량이 늘어날 가능성이 높아, 향후 육상양식 클러스터나 양식단지 조성지역을 대상으로 이러한 묶음 감축 또는 프로그램 감축 사업을 적극적으로 도입할 필요가 있다.

<표 5> 외부사업 규모 및 종류

구분	단일 감축사업			묶음 감축사업	프로그램 감축사업
	일반	소규모	극소규모		
정의	단일 감축 기술 적용 감축사업			소규모 또는 극소규모를 묶은 하나의 사업	일관된 사업목적에 따라 자발적으로 시행되는 사업
사업규모	3,000톤/년 초과	100톤/년 초과 3,000톤/년 이하	100톤/년 이하	소규모: 15,000톤/년 이하 극소규모: 500톤/년 이하	프로그램 감축사업+단위사업(규모 제한 없음)
모니터링 주기	매 2년	최대인증 유효기간		최대인증 유효기간	단일 감축사업 기준과 동일
인증 유효기간	고정형(최대 10년, 연장 불가) 갱신형(최대 7년, 2회 연장 가능)				프로그램 감축사업: 최대 28년 단위사업: 고정형(최대 10년, 연장불가), 갱신형(최대 7년, 2회 연장 가능)
인증 가능량	제한 없음	3,000톤/년 이하	100톤/년 이하	묶음사업: 소규모, 극소규모 기준 동일 단위사업: 소규모(15,000톤/년 이하), 극소규모(500톤/년 이하)	일반: 제한 없음 소규모: 3,000톤/년 이하 극소규모: 100톤/년 이하

자료: 한국에너지공단(2023)

6) 전담 지원기관 지정

전 산업분야의 외부사업 승인과 감축량 인증은 복잡한 행정절차가 수반되고 때로는 공기업과의 협력이 요구되기에 독자적으로 외부사업을 추진하기에는 어려움이 있다(한국농촌경제연구원, 2022). 이에 농업분야에서는 외부사업 관장기관인 농업기술진흥원 주도로 외부사업 참여에 따른 행정절차를 지원하고 있으며, 임업분야에서는 한국임업진흥원에서 외부사업 참여를 위한 컨설팅 사업을 시행하고 있다. 그러나 양식업부문에 외부사업 관련 모니터링과 컨설팅 지원 역할을 하였던 한국농어촌공사는 사업성을 이유로 관련 지원을 중단하여 현재 외부사업을 지원하는 기관이 없다.

이를 개선하기 위해서는 우선 양식업부문 외부사업 관장기관인 해양환경공단(KOEM)의 관련 기능을 강화할 필요가 있다. 해양환경공단은 현재 외부사업 관련 업무를 담당하고 있으나 전담 부서가 없

어 체계적이고 적극적인 사업수행이 어려운 실정이다. 따라서 양식업부문의 외부사업을 개발, 지원할 조직을 신설하고, 관련 사업예산을 확보, 지원할 수 있도록 해야 한다.

7) ESG 경영기업과의 연계사업 개발

전 세계적으로 기업의 지속가능성에 대한 사회적 요구가 높아지면서 ESG라는 경영 전략이 세계적인 경영 트렌드로 자리매김하고 있다(Patil et al., 2021). ESG 경영이란 환경(Environment), 사회(Social), 지배구조(Governance) 등과 같은 비재무적 성과가 포함된 경영기조로, 우리나라를 포함한 여러 국가에서 ESG 정보를 반영한 기업의 지속가능경영 보고서 공시 의무화를 계획하는 등 ESG 경영 확산을 위해 노력하고 있다(이승재 · 심재연, 2024).

특히 이 중 기업들이 공시해야 하는 산업 전반의 핵심 지표는 온실가스 배출량으로, 감축을 통한 기업의 가치 상승(홍수희, 2020)과 ESG 경영 흐름과의 부합성 등의 효과로 인해 배출량이 많은 기업들은 배출권거래제에 적극적으로 참여할 것으로 예상되었다. 그러나 현재 국내 다수의 대기업들이 ESG 경영을 채택하였음에도 불구하고 배출권거래제를 통한 할당량 확보나 외부사업 지원에는 소극적인 상황이다.

양식업부문의 경우, 일부 발전 공기업 외에는 외부사업에 참여하지 않고 있는데, 외부사업 활성화 방안의 일환으로 발전 공기업, 대기업 등과의 협력사업을 적극적으로 개발할 필요가 있다. 예를 들어, 발전 공기업 및 연관 기업을 묶음 감축이나 프로그램 감축 지원업체로 참여시키거나, 보령수협종묘의 경우와 같이 지역과 산업이 적극적으로 협력할 수 있도록 지원하는 방안을 고려할 수 있다.

이를 통해 지원사업에 참여하는 기업은 지역 상생, 수익의 지역사회 환원 등과 같이 ESG 경영에 부합하는 목표를 달성할 수 있으며, 나아가 양식업부문에 대한 외부 투자자금 유입을 통한 양식업의 규모화와 지속가능성 제고 등의 여러 측면에서 도움이 될 수 있을 것으로 기대된다(해양수산부, 2024).

2. 중 · 장기적 활성화 방안

1) 친환경 양식업으로의 전환

해양수산부(2022)에 따르면, 수산 · 어촌 부문의 2018년 온실가스 배출량은 304.2만 톤으로, 이는 유류 사용에 따른 직접 배출량인 253.8만 톤(83.4%)과 전력 사용에 따른 간접 배출량 50.4만 톤(16.6%)으로 구분된다. 직접 배출량은 어선 세력과 조업 활동 감소 등에 기인하여 1997년 435.9만 톤에서 2018년 253.8만 톤으로 줄어들어 58.2%나 감소하였다.

그러나 간접 배출량은 양식장 등의 전기 사용 증가로 인해 1990년 4.3만 톤에서 2018년 50.4만 톤으로 11.7배나 증가하였으며, 이러한 추세는 양식업의 자동화와 육상 양식장의 증가 등으로 인해 앞으로도 지속될 것으로 보인다. 따라서 양식업부문의 에너지 절감은 전 국가적 탄소중립정책 동참과 양식업가의 경영수지 개선을 위해서 필요한 과제이다.

특히 ‘해양수산분야 2050 탄소중립 로드맵’에 따르면, 2018년 해양수산분야 배출량인 406.1만 톤에서 729.8만 톤을 감축, 탄소 네거티브를 달성하여 국가 전체 온실가스 감축에 기여하려 하고 있다. 수산분야는 96.2%를 감축한 11.5만 톤 달성을 목표로 하고 있어 양식업의 에너지 사용 저감을 위한 다양한 정책 개발이 요구되고 있다.

전술한 바와 같이 양식업부문에서 현재 활용할 수 있는 외부사업 방법론은 극소수이며, 그마저도 온실가스 감축량이 적어 외부사업 참여를 통한 경영상의 혜택도 크지 않기에 단기간 내에 외부사업을 활성화하기에는 한계가 있다. 그러나 외부사업 자체는 여전히 폭넓게 활용할 수 있는 분야이며, 양식업과 양식수산물물의 저탄소, 친환경성 홍보를 통한 소비 촉진 및 수출 증대에도 활용할 수 있어 외부사업 참여 활성화를 위한 중장기적 대책 마련이 필요하다.

중장기적인 측면에서 외부사업을 활성화 하기 위해서는 기존 방법론의 한계 개선 및 신규방법론의 개발이 필요하다. 그러나 현재 양식업부문의 탄소배출 관련 전과정평가(LCA)나 관련 인벤토리가 구축되어 있지 않아 방법론 개발에 장기간이 소요될 것으로 보인다. 따라서 양식산업 전체의 탄소 저감과 외부사업 활성화를 위한 친환경양식업으로의 전환을 지원하는 방법론을 적극 개발하여야 한다.

현재의 국내 친환경어업은 친환경 인증받은 양식수산물물을 생산하는 어업으로만 한정된 매우 제한적인 개념에 그치고 있다. 그러나 친환경어업은 해양환경 보전, 수산자원 관리, 에너지 절감 나아가 탄소 감축을 실현하는 생산방법 등을 포괄하는 복합적 개념으로 전환되어야 한다(신용민, 2005).

양식업이 이러한 보다 넓은 개념의 친환경 양식업으로 전환하고, 나아가 저탄소 양식업으로 거듭나기 위해서는 현재의 고비용·고투입의 집약적 생산 체계에서 저비용·저투입 양식업으로의 이행이 요구된다. 특히 양식업은 어선어업과 달리 인공적으로 생산통제를 한다는 점에서 전력, 물, 사료 등의 에너지 투입량이 많은 산업이기에 이를 절감할 수 있는 기술, 자재 등의 개발이 필수적이다. 따라서 이러한 양식 방법을 채택하는 어가가 참여할 수 있는 신규 외부사업 방법론 개발을 추진할 경우, 중장기적으로 양식업부문의 탄소저감 목표 달성은 물론 양식산업의 지속성에도 크게 기여할 수 있을 것이라 판단된다.

2) 외부사업 신규 방법론 개발

① 전력사용 절감기술의 개발과 관련 시설, 장비 등의 인증

양식업부문에서 에너지 절감을 통해 외부사업에 신규로 참여할 수 있는 방안은 전력사용 절감 기술이 대표적이다. 에너지 사용량이 많은 어류양식업의 경우, 수온, 산소, 양수 등과 같은 생육환경을 유지하기 위한 다양한 설비들이 상시 가동되어야 하기에 전력 사용이 많으며, 이는 결국 다량의 탄소가 배출됨을 의미한다. 특히 양수펌프는 양식 방법에 있어 취수량은 상이할 수 있으나, 24시간 내내 운영되어야 하는 특성상, 전체 전력 사용량의 70% 이상을 차지하고 있다(김병기, 2003; 최현석 외, 2021).

특히 최근 전기요금의 급등으로 인해 양식장의 경영수지가 크게 악화하고 있는 만큼, 이에 대응하고 탄소 배출량 저감을 위해서는 지속적인 전력 사용 절감 장비의 개발과 보급이 요구된다. 따라서 이러한 양식방법의 도입, 관련 장비나 시설을 외부사업 방법론으로 개발할 필요가 있다. 즉, 히트펌프에 한정된 지금의 방법론을 다양화해야 한다는 의미이다.

대표적으로는 2010년부터 농어촌공사에서 수행한 ‘양식장 용수관리’³⁾ 연구 결과를 외부사업 방법론으로 연계하는 방안을 고려할 수 있다. 동 사업은 해안도서지역에서 수온과 수질이 일정한 지하 해수를 조사해 개발 가능성 등을 분석하고 육상 양식어가에 연계하는 사업을 말한다. 실제로 지하 해수를 활용하고 있는 어가를 대상으로 조사한 결과, 연간 약 0.2~0.9억 원 정도의 경영비용이 절감되었으며,

3) 본 사업은 2010년 ‘지하해수 조사’ 사업으로 시작하였으며, 2014년 해양수산부 예산 코드 신설로 인해 ‘양식장 용수관리’ 사업으로 변경되었다.

가온하기 위한 전력이 소모되지 않아 탄소배출 절감 효과도 있는 것으로 나타났다(이광남, 2015; 강동환 외, 2022). 특히 2024년을 기점으로 사업이 본격적으로 시작되고 있어 양식업부문의 외부사업 신규 방법론으로써 잠재적 가능성이 큰 것으로 판단된다. 이와 더불어 아직은 실용화되지는 않은 바이오플락(Biofloc) 기술, Open ADR(Open Automated Demand Response)⁴⁾ 등의 양식 방법들도 에너지 절감 효과가 증명됨에 따라 신규 외부사업 방법론으로 추진할 필요가 있다(김형수 외, 2017; 백진이 · 정민주, 2019).

에너지 절감 장비 개발 측면에서는 히트펌프의 에너지 효율을 향상할 필요가 있다. 실제 어업인들은 기존 히트펌프의 에너지 효율성이 낮다는 점을 지적하고 있어 히트펌프의 에너지 등급 기준을 상향하는 등의 제도적 조치가 필요하다. 이러한 효율성이 개선된 신형 히트펌프의 보급 확대를 통해 탄소 감축량 증대를 도모하고, 이를 통한 외부사업 참여 유인을 높이는 방안 마련이 필요하다.

② 감온 시설 관련 방법론 개발

최근 기후변화 문제가 점점 심화함에 따라 전 세계적으로 해수면 온도가 급격히 상승하고 있다. 특히 수온 조절이 필수적인 양식업의 경우, 고수온 현상에 취약할 수밖에 없다. 2023년 기준 고수온으로 인한 양식장의 피해액은 약 1,250억 원으로 집계되었으며, 수온 관리를 위한 비용도 매년 증가하고 있어 양식어가의 부담이 되고 있다(국립수산과학원, 2023).

이러한 피해를 줄이기 위해 양식장에서는 저층수 공급장치 등의 장비를 사용하거나 수면에 직사광선 가림막을 설치하는 등 다양한 방법을 개발하고 있으나, 효과에는 한계가 있는 것으로 나타났다(양진경 · 신현철, 2020). 또 다른 방안으로 제시되고 있는 것이 LNG 재기화 과정에서 버려지는 냉배수(폐에너지)를 활용하여 양식장 수온을 감온하는 방법이 추진되고 있어 이를 신규 외부사업 방법론으로 개발할 필요가 있다. 발전소 온배수와는 달리 냉열에너지는 별다른 주목을 받지 못하였으나, 친환경에너지 전환 이슈가 대두됨에 따라 LNG 냉열은 다양한 산업 부문에서 활용되고 있다(Ozsoy, 2023). 양식업 부문에서도 LNG 냉열 에너지 활용 방안을 모색한 결과, 연어와 같은 냉수성 어종 또는 최적 사육온도가 21~24°C인 넙치를 육성하는 데도 충분히 사용할 수 있는 것으로 나타났다(백승엽 외, 2021; 유화룡 · 이재민, 2023).

이는 기존 발전소 폐열을 활용하는 방법론과 동일한 맥락으로, 저탄소 녹색성장 개념에 부합할 뿐만 아니라 양식업 경영비 절감 차원에서라도 도움이 될 것으로 예상된다. 발전소 폐열과 마찬가지로 널리 활용되기는 어려운 점이 있으나, 향후 감온시설의 필요성이 커짐에 따라 에너지 절감 면에서는 활용 확대가 필요하며, 이를 지원하기 위한 방안으로 외부사업 방법론으로 개발할 필요가 있다.

③ 신재생에너지 활용 지원 및 인증 개발

양식산업의 지속적 성장 필요성에 따라 생산성 향상 및 친환경적 요소들을 만족시키기 위한 자동화, 스마트화 등은 피할 수 없는 과제이다(Klarin et al., 2019). 이에 따라 양식업은 점차 에너지 고소비형 산업으로 전환할 것으로 예상되며, 그에 따른 전력 등 에너지 사용량 증대는 불가피하다. 즉 양식업에서의 온실가스 배출량은 오히려 늘어날 가능성이 있으며, 이에 대한 대책 마련이 필요하다.

양식업의 에너지 절감을 위해서는 양식어가의 신재생에너지 사용을 유도하고 나아가 이를 외부사업

4) OpenADR(Open Automated Demand Response)은 에너지 관리 및 스마트 그리드(Smart Grid) 시스템에서 자동화된 수요 응답을 구현하기 위한 기술로, 육상수조식 양식장에서 간만조 등에 데이터에 따라 인버터를 제어하여 해수펌프의 전력을 절감하는 시스템이 2017년에 개발되었다.

방법론으로 적극 도입할 필요가 있다. 온실가스 배출 저감을 위한 다양한 신재생에너지 개발사업이 추진되고 있는 가운데, 소수력 발전사업을 외부사업 방법론으로 도입하는 방안이 필요하다. 소수력 발전이란 육상양식장에서 방류하는 배출수 낙차를 이용해 전기를 생산하는 방법으로, 효율적인 어업용 소수력 발전기 개발을 위한 다양한 연구가 이미 추진되고 있다(김형호 외, 2020). 또한 소수력 발전기를 활용하고 있는 전남 완도 양식장을 대상으로 조사한 결과, 생산량 증대, 전기요금 절감 등 효과가 큰 것으로 나타나 온실가스 감축 증대를 도모하는 정부의 시책과도 부합된다.

그러나 양식어장에서 소수력 발전기를 사용하기 위해서는 막대한 초기비용뿐만 아니라 해역이용 협의, 「수산자원관리법」 등 적지 않은 규제가 수반되기에 활성화하기에는 어려움이 많다. 소수력 발전기 사용 여부를 신규 외부사업 방법론을 도입하기 위해서는 정부 차원에서 제도 개선이 전제되어야 한다.

한편으로는 태양광 발전설비 사용 여부를 외부사업 방법론으로 활용하는 방안이 필요하다. 그간 정부는 ‘양식장 태양광 발전설비 지원 시범사업’을 통해 태양광발전설비를 양식어장에 보급하는 등 신재생에너지 확산을 위해 노력해 왔다. 그러나 기존 양식장 구조 특성상 태양광 발전설비 설치가 어려우며, 양식장 상부에 지붕형 태양광 시스템을 탑재하는 방안도 제시되었으나 상용화되지 못한 상황이다(최현석 외, 2021).

이에 따라 신규 외부사업 방법론 도입에 앞서 양식장 시설이 신재생에너지를 적극적으로 사용할 수 있도록 양식장 시설 개선사업을 추진하여야 한다. 이를 통해 대체 에너지원을 확보하고 탄소 감축 실현에 기여하고, 이에 수반되는 비용 등은 ESG 경영기업과의 상생협력 모델 개발을 통해 중장기적으로 추진할 필요가 있다.

④ 양식장 환경 개선을 통한 방법론 개발

최근 고수온에 따른 해양 환경변화는 양식어류의 질병 내성 약화와 더불어 폐사율 증대로 이어지고 있다(Ahmed et al., 2019). 어류 환경 양식을 나타내는 척도인 폐사율은 양식어가의 경제적 손실뿐만이 아닌 길어진 양식 기간으로 인해 에너지 사용량을 증대하여 양식업의 간접 탄소 배출량 증대라는 부정적인 영향을 초래하기 때문에 이에 대한 효과적 지원 대책 수립이 필요한 상황이다.

고수온 현상에 대응하기 위해 국립수산과학원에서는 고수온에 강하고 성장률이 비교적 빠른 대왕볼바리와 같은 개량종을 개발하는 등 다각적인 측면에서 연구가 수행되고 있다(임상구 외, 2016). 그러나 이는 모든 양식어종을 근본적으로 대체할 수 없을 뿐더러, 고수온 현상에 따른 수계환경 변화는 양식생물에 스트레스를 야기하여 질병에 쉽게 노출되어 폐사율이 증대하고, 이에 대응한 지속적인 약품 사용 증가는 장기적으로 질병 내성 약화에 이르게 된다. 그러나 이러한 측면에서 접근한 연구는 국내에서 거의 보고된 바가 없다. 따라서 보다 능동적으로 기후변화에 대응하기 위해서는 질병 내성이 강한 종자의 개발이 필수적이며, 이러한 기술개발에 대한 투자와 기술 보급을 위한 교육을 강화할 시 양식업의 생산 효율성 개선과 동시에 양식업부문의 탄소 배출량 저감에도 기여할 수 있을 것으로 예상된다.

그러나 질병 내성이 강한 종자를 개발하기 위해서는 적지 않은 시간이 소요될 것으로 예상된다. 이에 대한 단기적 대책으로 양식어류의 생리적 스트레스를 최소화하기 위해 양식장 입식 기준 강화를 통해 사육밀도를 낮추어 폐사율을 감소시키는 방법이 있다. 그러나 이 경우, 경제적 손실이 불가피하기에 이러한 양식장 대상의 친환경·저탄소 양식장 인증제, 양식수산물에 대한 저탄소수산물 인증 등의 추가적 지원방안을 마련할 필요가 있다.

⑤ 저탄소 배합사료 사용 지원

친환경적이며 안전성을 인정받은 양식수산물에 대한 중요성이 커짐에 따라 품종별 식이 습성에 적합한 전용 배합사료 개발을 위한 연구가 활발히 수행되고 있다. 그러나 현재의 배합사료는 해양환경과 수산자원 보호 측면에서는 친환경적이라 할 수 있으나, 저탄소 배합사료라 할 수는 없다.

양식수산물 생산에 있어 사료는 온실가스 배출에 상당량을 차지하기에 이미 해외에서는 양식업 탄소발자국 저감을 위한 사료 전환을 개선 등과 같은 연구가 활발히 진행되고 있다(Hansen et al., 2017; Singh et al., 2023). 그러나 국내의 경우, 어류양식 사료에 대한 온실가스 배출량을 정량화한 연구는 전무한 상황이다. 이에 따라 저탄소 인증 배합사료 개발이 선제적으로 이루어질 필요가 있으며, 이를 보급하기 위한 차별적 지원제도의 도입과 점진적으로 배합사료 사용 어가에 대한 외부사업 등록과 저탄소 인증제, 탄소중립 직불제 등을 병행 추진할 필요가 있다.

IV. 결 론

우리나라가 전 산업부문의 에너지 절감을 유도하고 상향된 국가 온실가스 감축 목표 달성을 위해 배출권거래제를 도입, 시행한 지 올해로 10년째를 맞고 있다. 배출권거래제는 온실가스 감축 목표 달성을 위한 가장 효율적인 수단으로 평가되고 있음에도 불구하고, 아직 유럽과 같이 활성화되어 있지는 않다. 특히 수산업부문은 농림축산업에 대비해서도 매우 뒤쳐진 상황이다.

수산업이 농림축산업과 비교해 탄소 배출량이 적은 저탄소 산업이라는 차별성이 있으나, 전 국가적 탄소 저감에 적극 동참하고 수산물이 저탄소식품임을 인식시키기 위해서는 탄소시장에 보다 적극적으로 참여할 필요가 있다. 더구나 향후 양식업은 보다 에너지 고소비형 산업으로 전환될 가능성이 높아 전력, 물, 사료 등의 절감을 통한 저투입 친환경적 양식업으로의 이행을 적극 유도할 필요가 있다.

이러한 필요성에서 본 연구에서는 현장 조사를 통해 양식업부문의 배출권거래제 외부사업 참여 현황과 문제점에 대해 살펴보고, 외부사업 참여 활성화를 위한 단기적, 중장기적 방안을 제시하고자 하였다.

단기적인 측면에서는 저조한 외부사업 참여율을 높이기 위해 선호도가 높은 친환경에너지 보급사업과 외부사업을 연계할 필요가 있으며, 온실가스감축사업 대상 확대 및 다양화 등을 통해 양식어업인들에게 더욱 폭넓은 참여 기회를 제공할 필요가 있다. 또한 현재 외부사업 추진 절차의 복잡성 및 지원 부족 문제 해결을 위해 전담 지원기관 지정을 통한 지원체계 강화 및 적극적인 홍보를 통해 어업인들의 자발적이고 주체적인 역할을 강화해야 한다. 그리고 모니터링 표준화 방안을 구축하여 모니터링 과정에서 수반되는 양식어업인들의 불편함과 비용 부담을 완화하여 양식어업인들의 참여율을 촉진하고, 나아가 외부사업을 통한 수익 개선을 도모할 필요가 있다.

장기적인 측면에서는 외부사업 방법론의 추가 개발이 필요하다. 이는 양식업을 포함한 양식산업의 구조를 저탄소·저투입 구조로 전환할 필요가 있다는 점에서 신재생에너지 전력 절감 설비를 통한 전력과 물 사용량, 사료, 약품 등의 제반 투입 요소를 줄일 경우, 직·간접적으로 탄소 배출량 저감에 기여하게 될 것이다. 특히 이러한 양식장의 양식방법 또는 투입요소에 대한 체계적 분류와 부문별, 단계별 탄소 배출량에 대한 인벤토리 구축이 향후 가능해지고, 그에 따라 생산된 양식수산물에 대한 저탄소 인증 등이 된다면, 이를 기반으로 외부사업 방법론의 신규 개발이 가능할 것으로 보인다.

한편으로는 양식업의 외부사업 활성화 측면에서 타 산업분야에 비해 상대적으로 적은 외부사업 방

법론은 명확한 한계점으로 작용하고 있다. 이에 부문별 방법론 개발을 단계적으로 추진할 필요가 있다. 특히 신재생에너지 활용, 가온 비용 절감, 저탄소 배합사료 장려 등 저탄소·저투입 양식업을 이 행할 수 있는 기반을 선제적으로 구축하고, 관련 데이터를 축적하여 이를 외부사업 방법론으로 개발 하는 정책적 지원이 요구되고 있다.

양식업을 포함한 수산업은 기후변화에 따른 책임성이 상대적으로 낮음에도 그에 따른 직접적 피해 가 가장 크게 나타나는 특징이 있다. 그러나 수산업 중에서 양식업은 향후 간접적 탄소 배출량이 지 속적으로 늘어날 가능성이 있어 기후변화 문제의 책임성에서 자유롭지 못할 가능성이 있으며, 이로 인해 경영수지에 직접적 악영향을 줄 수도 있다. 기존의 농업분야 방법론의 차용에서 벗어나 양식업 부문에 특화된 외부사업 방법론의 적극적 개발이 필요한 이유이다.

REFERENCES

- 강동환 외(2022), “육상양식장 용수공급을 위한 지하해수 개발 현황 및 향후 활용 분야”, *Water for future*, 55(1), 72-80.
- 구현화(2023), “[탄소시장] 배출권거래제 실효성 높인다… 할당 방식 등 대수술”, *한경 ESG*, 19, 30-31.
- 국립수산과학원(2023), “수산분야 기후변화 영향 및 연구 보고서”.
- 김남리·박노백·최진·민병화(2023), “환수량 조절을 통한 넙치(*Paralichthys olivaceus*) 육상 양어장의 전기 에너지 절감 효과 분석”, *한국수산과학회지*, 56(5), 716-720.
- 김병기(2003), “넙치 육상양식장의 동력 사용 실태”, *한국양식*, 15(1), 34-43.
- 김선화·이경락(2012), “환경규제위반이 장기 경영성과에 미치는 영향”, *환경정책*, 20(1), 107-135.
- 김창길·임정빈(2021), “[탄소중립 시리즈 (2)] 탄소중립 농업으로 가기 위한 전략”, *시선집중 GSNJ*, (292), 1-20.
- 김형수·김보균·곽윤식(2017), “OpenADR 2.0 b 기반의 양식장 펌프 제어를 통한 에너지 절감 시스템 설계 및 구현”, *한국정보기술학회논문지*, 15(12), 69-76.
- 김형호·서상호·김경엽(2020). “양식장용 수력발전 수차의 설계에 관한 연구”, *유체기계 연구개발 발표회 논문집*, 11-12.
- 남귀숙·이규상·송성호(2022), “해수열 히트펌프 적용에 따른 수산 양식어가 온실가스 감축 방안”, *한국농공학회 학술대회초록집*, 301-301.
- 농림축산식품부, <https://www.mafra.go.kr>.
- 백승엽·김규창·최원탁·성연모(2021), “한해성 어종 육상 양식을 위한 미활용 LNG 냉열 에너지 활용에 관한 연구”, *한국가스학회 학술대회논문집*, 78-78.
- 백진이·정민주(2019), “바이오플락을 이용한 흰다리새우 양식의 경제성 비교분석”, *수산해양교육연구*, 31(5), 1408-1416.
- 산업통상자원부 보도자료(2023), “열에너지 데이터 통합관리 시스템 구축으로 새는 열에너지 확 잡는다”.
- 상쇄등록부시스템-온실가스종합정보센터, <https://ors.gir.go.kr/ors/>.
- 신용민(2005), “지속적 어업을 위한 자원, 환경보전적 양식어업의 전개 방향”, *수산경영론집*, 36(1), 27-49.
- 양진경·신현출(2020), “저층수 용존산소가 당동만 저서다모류군집 구조의 시간적 변동에 미친 영향”, *Ocean & Polar Research*, 42(3).
- 우경원·신용민(2022), “준이상수요체계(AIDS)를 이용한 육류에 대한 수산물의 소비 대체 가능성 연구”, *해양정책연구*, 37(2), 121-149.
- 유화룡·이재민(2023), “양식장 고수온 피해 저감을 위한 LNG 활용의 타당성 조사 연구”, *신뢰성응용연구*, 23(4), 375-382.
- 이광남(2015), “육상양식용 지하해수 개발효과 분석”, *수산경영론집*, 46(1), 63-74.

- 이승재 · 심재연(2024), “국내 기업의 지속가능경영보고서 및 제3자검증 공시 현황: 기업 사례를 중심으로”, *경영학연구*, 53(1), 225-245.
- 임상구 · 한상범 · 임한규(2016), “염분변화에 따른 붉바리(*Epinephelus akaara*)와 대왕붉바리(*E. bruneus* ♀ × *E. lanceolatus* ♂)의 성장, 생존 및 스트레스 반응”, *Korean J Fish Aquat Sci*, 49(5), 612-619.
- 정학균 · 성재훈 · 김현정(2022), “제4장 탄소중립 실현 위한 농업분야 정책과제”, 한국농촌경제연구원, 기타연구보고서, 99-131.
- 정학균 · 임영아 · 성재훈 · 이현정 · 이길재(2019), “농축산식품분야 온실가스 감축사업 및 제도 현황”, 한국농촌경제연구원, 기본연구보고서, 1-88.
- 최현석 · 나종혁 · 이현영 · 노재엽(2021), “수조식 양식장의 태양광발전시스템 리모델링 교체 효과 시뮬레이션을 통한 에너지절감효과 분석”, *Current Photovoltaic Research*, 9(1), 11-16.
- 한국농어촌공사 농어촌연구원(2022), “수산분야 온실가스 감축 모니터링 연구”.
- 한국농촌경제연구원(20220), “배출권거래시장 기반의 농업부분 감축사업 현황과 시사점”.
- 해양수산부(2017), “양식장 친환경에너지 보급사업으로 일석삼조 효과 거둬요”, 보도자료.
- _____ (2024), “탄소시장 등을 활용한 양식산업 탄소 저감 방안에 관한 연구”.
- 홍수희(2020), “온실가스감축실적과 기업가치 관련성에 대한 연구”, *국제회계연구*, 93, 77-93.
- Ahmed, N., Thompson, S. and Glaser, M. (2019), “Global aquaculture productivity, environmental sustainability and climate change adaptability”, *Environmental management*, 63, 159-172.
- Hansen, B. W. (2017), “Advances using copepods in aquaculture”, *Journal of plankton research*, 39(6), 972-974.
- Klarin, B. et al. (2019), “New and smart approach to aeroponic and seafood production”, *Journal of cleaner production* 239, 117665.
- Ozsoy, A. S. (2023). “Achieving Net-Zero Carbon Emissions in the transportation network of Versuni”, Unpublished working paper, Eindhoven university of technology.
- Patil, R. A., Ghisellini, P. and Ramakrishna, S. (2021), “Towards sustainable business strategies for a circular economy: environmental, social and governance(ESG) performance and evaluation”, *An introduction to circular economy*, 527-554.
- Singh, S. K. et al. (2023), “The current state of research and potential applications of insects for resource recovery and aquaculture feed”, *Environmental Science and Pollution Research*, 1-19.
- World bank (2023), “State and Trends of Carbon Pricing 2023”, <https://openknowledge.worldbank.org/handle.net/10986/39796>.