

우리나라 수산종자산업 발전 방안: 노르웨이 연어종자산업 사례를 바탕으로

이도경 · 김도훈[†]
국립부경대학교(학생) · [†]국립부경대학교(교수)

Development Strategies for Korea's Fisheries Seed Industry: Based on Norwegian Salmon Seed Industry

Do-Kyong LEE · Do-Hoon KIM[†]
Pukyong National University(student) · [†]Pukyong National University(professor)

Abstract

With the growth of aquaculture, the significance of the fisheries seed industry has surged worldwide. Many countries, including Korea, are prioritizing the development of high-quality fisheries seed. This study delves into Norway's fisheries seed industry, recognized globally for its excellence. To analyze the current status of the Norwegian salmon seed industry, this study examined policies, management systems, R&D projects and Norwegian fisheries seed companies. The Norwegian government controls the aquaculture industry by issuing licenses with specific restrictions. Additionally, they have established R&D institutes and provided financial support for R&D projects. Norwegian fisheries seed companies undertake various projects beyond those initiated by the government. By studying Norwegian fisheries seed management, valuable lessons can be learned, and potentially similar strategies can be adopted to enhance Korea's fisheries seed industry.

Key words : Fisheries seed industry, Aquaculture, Norwegian salmon

I. 서론

FAO(2022)에 따르면 수산물은 세계에서 가장 많이 거래되는 식품 중 하나로, 수산물 소비는 1960년대 이후 30여 년 동안 연평균 3.0% 이상의 비율로 증가했다. 이는 같은 기간 전 세계 인구 증가율 1.6%의 두 배 이상에 달하는 수치로 수산물이 중요한 식량자원으로 자리매김해 왔음을 보여준다.

하지만 연안의 과도한 개발 및 남획으로 인한 수산자원의 감소로 잡는 어업 어획량은 정체 혹

은 감소하고 있다. 이에 안정적이고 지속적인 수산물 공급이 가능한 양식업의 발전이 두드러지기 시작했다. 양식업의 성장에 따라 전체 어획량에서 양식업이 차지하는 비중도 커졌다. 전 세계 양식업은 1950년대 4%에서 2010년대 44%로 꾸준히 성장해 왔으며, 2020년에는 잡는 어업 어획량과 동등한 49%(8,800만 톤)에 이르렀다. 생산금액도 꾸준히 늘어 2020년에는 총생산금액 4,060억 달러 중 양식업 생산금액은 2,650억 달러로 65%를 차지했다(FAO, 2022).

최근 우리나라 수산물 생산량을 살펴보면, 양

[†] Corresponding author : 051-629-5954, delaware310@pknu.ac.kr/orcid.org/0000-0002-6860-3580

식업 생산량 비중이 잡는 어업 생산량보다 2배 이상 높은 것으로 나타났다. 이처럼 우리나라에서도 양식업의 비중이 늘어나고 있으며, 향후 수산물 생산량 증대를 위해서는 양식업 활성화가 더욱 필요한 실정이다.

현재 양식업의 대표 국가인 노르웨이는 세계에서 두 번째로 큰 수산물 수출국이며, 세계 최대의 연어 생산국이다. 노르웨이의 수산업은 석유, 가스에 이어 3번째 큰 수출산업으로, 양식업 역시 중요한 산업 중 하나이다.

노르웨이는 세계에서 연어 양식을 가장 먼저 시작한 나라로 연어 생산에 특화되어 있으며, 노르웨이 연어는 세계 시장을 석권했다고 해도 과언이 아닐 정도다. 이러한 노르웨이 연어 양식업의 성장은 종자산업의 발전과 밀접한 연관성을 가지고 있다. 특히 질병에 강하고 성장이 빠른 종자 개발로 생산성을 향상시켰으며, 야생 연어보다 영양가 높은 품종 개발로 고부가가치 산업을 실현해 오고 있다.

전 세계는 양식업 발전을 위해 무엇보다 우량 종자의 개발 및 보급에 힘을 쏟고 있다. 특히 노르웨이는 양식업을 시작할 때부터 수산종자개발을 위해 노력했으며, 미국과 중국, 일본 등도 수산종자관련 정책 수립 및 육종개발 산업을 위한 지원을 아끼지 않고 있다. 우리나라도 정부 차원에서 수산종자산업의 육성을 위한 법령 등 제도적 지원 마련 및 Golden Seed Project(이하 GSP) 등 정책을 시행해 왔으나, 그 중요성에 비해 관련 정책 수립 및 이행이 많이 미흡한 상황이다. 또한 우리나라는 수산종자산업 시장의 규모가 크지 않고, 수산종자 생산업체도 대부분 영세하여 현황 파악도 제대로 이루어지고 있지 않은 실정이다(Jo et al., 2022).

본 연구에서는 수산종자산업의 모범사례인 노르웨이 연어종자산업을 살펴 우리나라 수산종자산업의 발전방안을 모색해보고자 했다. 노르웨이 연어종자산업의 현황 및 정책, R&D, 예산, 관련 기업의 사례 등을 통해 노르웨이 수산종자산업의

발전 사례를 분석하여 우리나라에 적용 가능한 방안 및 시사점을 찾고자 했다.

II. 연구 방법

노르웨이 양식업의 대표 어종은 대서양 연어로 수산종자생산도 대부분 연어종자가 차지하고 있다. 본 연구에서는 노르웨이 수산종자산업을 현황을 분석하기 위해서 연어종자산업 현황을 살펴 보았다. 연어종자산업의 생산현황 및 규모, 거버넌스, R&D, 종자생산기업 현황 등을 조사함으로써 노르웨이 수산종자산업의 관리체계를 분석하고자 했다.

우선 통계 자료를 이용해 노르웨이 연어종자의 면허 발급 수, 생산 및 종사자 수 등을 파악하여 연어종자산업의 규모를 추정했다. 노르웨이 수산종자산업 정부 기관 및 법령 등을 조사하여 정부 차원의 정책 방향 및 이행 방법 등을 조사했으며, R&D현황 파악을 위해 관련 연구 기관과 자금 지원 제도 및 방법도 조사했다.

노르웨이 양식업은 정부보다 민간 주도로 발전해 왔으며, 수산종자산업도 예외는 아니다. 세계적인 연어생산 기업 중 상위권이 대부분 노르웨이 기업이며, 이들은 종자 생산부터 최종 제품까지 수직적으로 통합된 기업 구조를 이루고 있다. 세계 최대 연어 생산 기업인 Mowi를 비롯하여 전문육종기업인 AquaGen 등의 기업보고서를 참고하여 기업의 관리 시스템 및 이슈, 개발 현황 등을 통해 발전 방향을 유추해 보았다.

III. 연구 결과

1. 노르웨이 연어 종자 생산 기술

가. 연어 종자 생산 기술

노르웨이 양식업은 대부분 기업 규모로 이루어지고 있어 자체적으로 종자생산 시설을 갖추고 있는 경우가 많다. 따라서 일반적으로 양식업체

들은 종자의 자가 공급이 가능하며, 소규모 생산자의 경우 종자생산 업체로부터 공급받고 있다.

연어 수정란과 치어 생산과정을 살펴보면, 수정란은 일반적으로 11월부터 2월 사이에 1~3회에 걸쳐 부화장인 육상에 있는 담수 양식장으로 옮겨진다. 부화한 치어는 별도의 사료 급이 없이 첫 달은 난황낭으로부터 영양분을 공급받으며 성장한다. 대략 4~6주 후에 부화 수조에서 더 큰 단위 수조로 옮긴 후 사료 급이가 시작되며, 수온과 산소 농도를 조정하여 최적의 성장 환경을 만든다. 치어가 건사료를 먹기 시작하면 이전보다 성장이 빠르며, 약 5g 정도 크기로 자라면 외부 탱크로 옮기는데 일반적으로 4월에서 5월 사이에 이동한다. 스몰트(Smolt) 단계 이전의 치어는 해수에 들어갈 준비가 될 때까지 담수에서 성장한다. 담수양식장은 산소 및 pH를 모니터링하며, 수의사와 어류 건강 기술자가 정기적으로 치어의 건강을 확인한다.

성장하면서 치어는 해수에서 스몰트로 살 수 있도록 준비하는 생물학적 변화를 겪는데, 자라면서 피부가 은색으로 변하며 무게가 보통 60~100g 정도가 되면 스몰트라고 부른다. 보통 담수에서 9~18개월 자라면 바다로 옮겨진다. 수정란은 12월이나 1월에 부화하는데, 부화 후 가을에 방생하거나 두 번째 봄에 방생한다. 부화 후 가을에 방생하면 0세 스몰트라고 하며, 두 번째 봄에 방생하면 1세 스몰트로 분류한다. 바닷물에 들어가기 전에 물고기는 해양 환경에서 발견되는 병원균 등에 대응하기 위해 예방 접종을 한다 (Sandvold HN, 2016).

나. 연어종자산업 역사

노르웨이는 1946년 세계에서 처음으로 수산청(Directorate of Fisheries)을 설치했으며, 연어 양식도 가장 먼저 시작하였다. 연어 양식은 1970년 7월 히트라 섬에서 Grontvedt 형제가 자연산 연어 새끼 2만 마리를 모아 양식에 성공함으로써 본격적으로 시작되었다. 연어 종자 연구는 1960년대

부터 품종개량을 연구해 왔다. 노르웨이 농업대학 과학자들은 41개 강에서 최고 품질의 친어를 채집하여 사료는 적게 먹이면서 성장을 빠르게 하는 미국의 동물 사육 원리를 응용하여 성장 속도를 극대화시킨 연어 종자를 개발했다. 이후 꾸준히 종자 개발을 연구해 온 결과 노르웨이는 30년 만에 세계 연어의 절반을 생산하는 1위 생산국이자 수출국이 됐다. 현재 연어 양식장은 해안선 8만 3000km에 걸쳐 1,076개가 들어서 있다 (Lee, 2016).

노르웨이 연어종자산업은 영세업자가 대기업에 통합되면서 전체 업체 수는 줄어들고, 규모는 점점 커지는 추세를 보이고 있다. 이러한 구조적 변화의 원인 중 하나는 노르웨이 양식업법 개정 때문이다. 1991년까지는 과반수 지분을 가진 양식장을 하나 이상 소유하는 것이 금지되었다. 그러나 1991년 법조항 개정으로 소유권 제한이 더 이상 유효하지 않게 되어, 면허는 정부가 발급하지만 자유롭게 양도가 가능하게 되었다. 이후 점점 더 많은 회사들이 부화장에서 양성 양식장까지 수직적으로 통합해 왔으며, 기업 규모도 다양해졌다(Hersouga B et al., 2019).

종자산업의 규모화가 진행됨에 따라 부화장당 평균 생산량은 크게 증가했다. 이는 효율적인 양식장 경영에 산업 규모가 미치는 영향을 보여주는 좋은 예라고 볼 수 있다. 대규모 양식장의 자동화와 중앙 집중식 관리는 직원 한 사람당 생산량을 증가시켜 노동생산성도 크게 높였다. 노르웨이에서는 부화장이 규모가 더 큰 회사로 통합되면서 전체 부화장 수는 줄어드는 추세이다.

2. 노르웨이 연어종자산업 동향

가. 면허 현황

수산청은 고품질의 종자를 생산하고 관리하기 위해 수산 종자를 생산하는 양식업자와 기업에게 면허를 제공하고 있으며, 면허를 받은 생산자들은 매년 생산 정보를 수산청에 보고하고 있다.

어류 종자 생산 면허를 취득하기 위해서는 부화장에 안정적으로 충분한 담수 공급, 종자 탈출 방지 시스템, 폐수의 안전한 배출, 직원의 복지, 해양 환경 및 안전 등의 규제 사항을 충족해야 한다(Sandvold HN et al., 2014).

노르웨이 치어 면허 통계가 연어(Atlantic salmon), 무지개송어(Rainbow trout), 그리고 기타 송어(Trout)를 구분하지 않고 있어 여기에서는 통합된 데이터로 분석하였다. 2022년 기준으로 연어, 무지개 송어와 기타 송어의 치어(Juvenile) 생산 면허는 총 231건으로, 기업 단위를 살펴보면 115개 기업이 188개의 면허를 가지고 있다. 대부분 하나의 기업이 다수의 면허를 소유하고 있으며, 기업이 소유한 연어, 무지개 송어와 기타 송어의 치어 양식 면허 비중도 전체의 78%로 높게 나타났다. 지역별로는 Vestland 지역이 가장 많고, 다음으로 Trøndelag, Nordland, Møreog ,Romsdal 지역 등의 순이다. 수산 종자 생산 기업들도 대부분 이 지역에 분포하고 있으며, 대표적인 생산 기업으로는 Mowi, AquaGen, Lerøy 등이 있다 (<Table 1> 참조).

<Table 1> Atlantic salmon, rainbow trout and trout Juvenile Licenses

Licence County	2022	
	County	Companies
Troms og Finnmark	21	16 (14)
Nordland	37	31 (14)
Trøndelag	39	36 (19)
Møre og Romsdal	30	21 (12)
Vestland	76	64 (39)
Rogaland	17	14 (11)
Agder	5	-
Øvrige fylker	6	6 (6)
Total	231	188 (115)

Source: Directorate of Fisheries, Aquaculture statistics

노르웨이의 연어, 무지개 송어와 기타 송어의 치어 생산 면허 수는 점점 감소 추세를 보이는 데, 이는 종자 양식업의 규모화가 진행됨과 더불어

어 연어 등의 양식 생산 총량에 대한 규제가 강화됨에 따른 결과로 보인다(Nam and Cho, 2012).

나. 고용 현황

연어, 무지개 송어 및 기타 송어의 치어 생산업에는 2022년 기준으로 총 2,049명이 종사하고 있으며, 남성 1,392명, 여성 657명이 종사하고 있다. 종사자수는 1990년대 1,000여 명에서 2022년 2,000여 명으로 늘어나 증가하는 추세를 보이고 있다. 전체 종사자의 성비를 살펴보면, 여성 종사자 비중은 2000년대 초까지는 24~26%에 머물렀으나 2009년 30%를 넘었고, 2022년에는 32.1%를 차지했다. 여성 종사자 비중은 산업 초기에 비해 크게 늘어나지는 않았지만 증가하는 추세를 보이고 있다. 연어 등 종자산업도 수산업 일종임을 감안할 때 여성 종사자 비중이 다른 국가의 수산업 여성 종사자 비중보다 높음을 알 수 있다 (<Table 2> 참조).

<Table 2> Atlantic salmon, rainbow trout and trout farms employees

	Year					
	2000	2010	2020	2021	2022	
Employee	Men	785	1,027	1,217	1,268	1,392
	Women	257	450	776	603	657
	Total	1,042	1,477	1,993	1,871	2,049
Ratio	Men	75.3%	69.5%	61.1%	67.8%	67.9%
	Women	24.7%	30.5%	38.9%	32.2%	32.1%

Source: Directorate of Fisheries, Aquaculture statistics

다. 생산 현황

노르웨이 연어 종자 생산은 어란과 부화한 치어 생산으로 분류된다. 연어 어란 생산량은 2000년에는 2억 개에 못 미쳤으나 점차 늘어 2014년 7억 2천만 개로 최고치를 기록했다. 이후 감소해 2016년 4억 5천만 개로 최저치를 기록한 후 다시 증가 추세를 보이고 있으나, 2022년 생산량이 5억 7천만 개에 그치는 등 예전보다 생산량이 크게 늘지는 않았다. 지역별 생산량은 Nordland 지

역이 가장 많고, Trøndelag 지역, Vestland 지역 순이다. 과거에는 Vestland 지역 생산량이 전체 생산량의 30% 이상을 차지했으나 타 지역 생산량도 증가해 2016년 이후에는 전체 생산량의 20% 수준에 머물고 있다. 현재는 Møre og Romsdal 지역, Rogaland 지역, Øvrige fylker 지역의 지역별 생산량은 비슷한 상황이다.

2022년 부화한 치어 생산량은 5억 5천 2백만 개로 어란 생산량과 비슷하며, 치어 생산도 전반적으로 증가하는 추세를 보이고 있다.

2006년 어란 생산량은 3억 8천개였으나 부화된 치어량은 2억 7천여 개로 28.2%의 치어가 출하되지 못했다. <Table 3>을 보면 2006년부터 2015년까지 출하되지 못한 양은 평균 25.5%였지만, 2016년에는 미출하량이 2.9%로 크게 줄었으며, 이후 현재까지 미출하량은 평균 4.4%를 유지하고 있다. 노르웨이 수산청에 의하면 치어 손실의 주요 원인으로는 치어 처분, 폐사, 자료 오류, 탈출 등이다.

<Table 3> Production ratio of Atlantic salmon eggs and juvenile unit: 1,000

	Year		
	2006-2015	2016	2017-2022
Roe	529,602	450,208	514,990
Juvenile	394,422	436,953	492,334
Loss ratio	25.5%	2.9%	4.4%

Source: Directorate of Fisheries, Aquaculture statistics

<Table 4>를 보면, 지역별 생산동향은 어란 생산지역과 비슷한 경향을 보이는 것으로 보아 주로 어란을 생산하고 있는 지역을 중심으로 치어도 생산되고 있음을 알 수 있다.

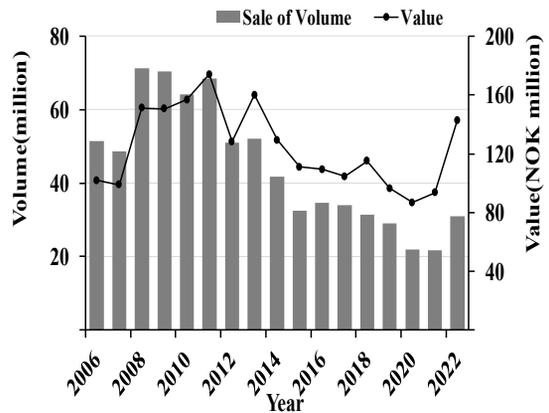
담수에서 생산된 연어 치어 판매량은 2009년 7천만 마리까지 증가 후 이듬해 6천만 마리로 줄어든 후 계속 감소하여, 2022년 생산량은 3억

<Table 4> Percent by region of Atlantic salmon eggs and juvenile production

County	Egg	Juvenile
Troms og Finnmark	20.5%	19.8%
Nordland	23.0%	22.8%
Trøndelag	22.3%	21.8%
Møre og Romsdal	10.0%	9.9%
Vestland	18.4%	19.0%
Rogaland	4.4%	4.6%
Øvrige fylker	1.5%	2.1%
Total	100.0%	100.0%

Source: Directorate of Fisheries, Aquaculture statistics

1천만 마리였다. 판매 금액도 판매량과 비슷한 추이를 보여 2011년 1억 7천 NOK(2011년 환율 기준 197억 7천만 원)로 최고 판매금액을 보였으나, 이후 감소하여 2022년 판매금액은 1억 4천 NOK(2022년 환율 기준 134억 4천만 원)였다. 판매량과 판매금액은 2010년 이후 감소세를 보이고 있으나, 판매 단가는 증감의 변동 폭이 크지 않고 꾸준히 상승하고 있다([Fig. 1] 참조).



Source: Directorate of Fisheries, Aquaculture statistics

[Fig. 1] Sales of Atlantic salmon egg and juvenile

3. 노르웨이 수산종자산업 정책 및 제도

가. 정부 기구

노르웨이 해양수산업 관련 중앙정부 부처는 통상산업수산부(Ministry of Trade, Industry and Fisheries)로 소속부서인 양식과(Department for Aquaculture)가 양식업에 관한 제반 업무를 담당하고 있다. 그리고 수산과(Department for Fisheries)는 산하 기관인 수산청(Directorate of Fisheries)을 관리 감독한다. 통상산업수산부 산하에는 해양 생태계 및 해양 생물, 양식분야의 연구를 수행하고 있는 해양연구소(Institute of Marine Research, IMR)와 수산분야 R&D 기금을 관리하는 국영기업인 노르웨이 수산물 연구기금(Fiskeri-og havbruksnæringens forskningsfinansiering, FHF)을 소유하고 있다. IMR은 1900년대 설립된 유럽 최대 해양 연구 기관 중의 하나로 해양 생태계 및 수산자원 모니터링, 양식 어종의 개량 및 신제품 개발 등을 연구하고 있다. FHF는 수출 업체에게 0.3% 부담금을 청구하여 자금을 마련하고 양식업 R&D 연구 및 관련 운영비를 지원한다.

양식과는 수산종자부터 성어 양식까지 어류의 질병 및 복지, 탈출, 생산 폐기물 및 폐수 처리, 양식 시설의 위치 등 양식 사업 프레임워크 개발 관리뿐만 아니라 면허 할당 및 용량 제한 등 면허 발급 시 적용되는 양식 규정에 관여하며, 양식업에 관한 양식업법, 식품법, 동물복지법 등의 법제도를 담당한다. 수산청은 어업과 양식업 관리에 대해 부처의 자문 및 집행 기관으로 수산 및 양식 관리 분야의 규제, 지도, 감독, 자원 및 품질 관리를 담당하고 있다. 노르웨이 양식업의 우선적인 관리자는 수산청이지만, 수산청은 지방자치단체, 카운티 의회, 카운티 주지사의 환경 보호 부서, 노르웨이 해안 관리청 및 노르웨이 식품 안전청 등 다른 기관과 긴밀히 협력하고 있다.

나. 생산 현황 모니터링 및 분석

노르웨이 양식업은 면허제도에 의해 관리 및 운영되고 있다. 대서양 연어와 무지개송어의 면허는 종묘-육성-성어 단계로 분업화에 따라 각각 별도의 면허가 발급된다. 육종 및 사료 개발을 위한 연구대상 어종들까지 면허제도에 의해 관리되고 있으며, 수산청이 이들 면허 발급 및 면허제도 관리를 담당하고 있다. 또한 양식 면허 발급 외 전시, 교육, 개발, 연구 및 번식 자원과 같은 특수 목적을 위한 면허도 발급한다.

수산청으로부터 종자 생산 면허를 발급받은 양식업체는 매년 노르웨이 수산청에 친어의 수컷과 암컷의 수, 생산된 어란 및 치어의 총량 및 판매량, 재고 등을 보고해야 한다. 수산청은 보고 받은 생산 정보를 토대로 어종별 최소·최대 생산량을 설정하고, 이를 통해 면허 유지·관리, 주요 어종의 친어 생산 면허에 대한 정보 등을 양식업체에 제공하고 있다.

노르웨이 해안 지역에서 대서양 연어와 무지개송어 양식은 주요 수익을 창출하는 중요한 산업이다. 이에 노르웨이 수산청은 1982년부터 연어와 무지개송어 양식업의 수익성 연구를 수행해 왔으며, 수익성 발전을 보여주는 시계열 데이터도 40여 년 이상 보유하고 있다. 수익성 연구에 대한 데이터 수집에 대한 권한은 2015년에 제정된 양식업법(Aquaculture Act)에 명시되어 있다. 본 조사는 연어와 무지개송어에 대해 함께 시행되었으며, 원칙적으로 연어와 무지개송어 생산 면허를 가진 모든 업체는 경영비 조사에 참여해야 한다.

연어와 무지개송어 생산업체 경영비 조사는 매년 증감의 변동은 있으나 면허를 가진 업체 80% 이상이 참여하고 있는 것으로 나타났다. 본 조사는 설문조사를 통해 시행되며, 부화장(담수) 생산 회사와 해수 생산 회사로 분류하여 조사하고 있다. 수산청은 부화장과 양식장별 수익과 영업이익률, 생산비용 등 중요한 수익성 수치를 제시하

는 등 산업 발전을 위한 기초자료를 마련하고 있다.

다. 법령 및 규정

노르웨이에는 수산종자에 대한 독립적인 법은 없으나 양식업 관련법에 해당 사항이 규정되어 있다. 양식업법은 지속가능한 발전의 틀 안에서 양식업의 수익성과 경쟁력 촉진을 목적으로 한다. 본 법에는 양식업 허가 조건, 양식업 허가 변경 및 철회, 면허 양도 등의 면허에 관련된 규정 뿐만 아니라 양식장 환경 및 지리적 사항에 대해서도 규정되어 있다. 양식업 면허 양도가 가능함에 따라 이에 대한 세부 조항도 포함하고 있다. 양식장과 부화장 운영 및 관리에 관한 구체적인 사항도 하위 법에 규정되어 있다. 양식시설운영 규정(The Aquaculture Operations Regulations)에는 양식시설 운영 및 관리, 산란 방식 및 산란장 환경 관리 등에 관한 사항이 규정되어 있다. 본 규정에 따라 생산자는 종자 혈통 정보 기록, 종자 및 치어의 수량 등의 통계를 보고해야 한다. 양식허가규정(Salmon Allocation Regulations)에 따라 양식장 위치 및 권한 등이 제한되며, 양식업자는 시설 변경 시에도 수산청에 보고해야 한다. 본 법에 따라 안정적인 어란 납품을 위해 친어 양식장은 지리적으로 분산되어 있어야 한다. 이처럼 노르웨이 양식업 관련 법률 및 조항은 본 산업에 관해 구체적인 사항도 규정하고 있다.

라. 연구개발

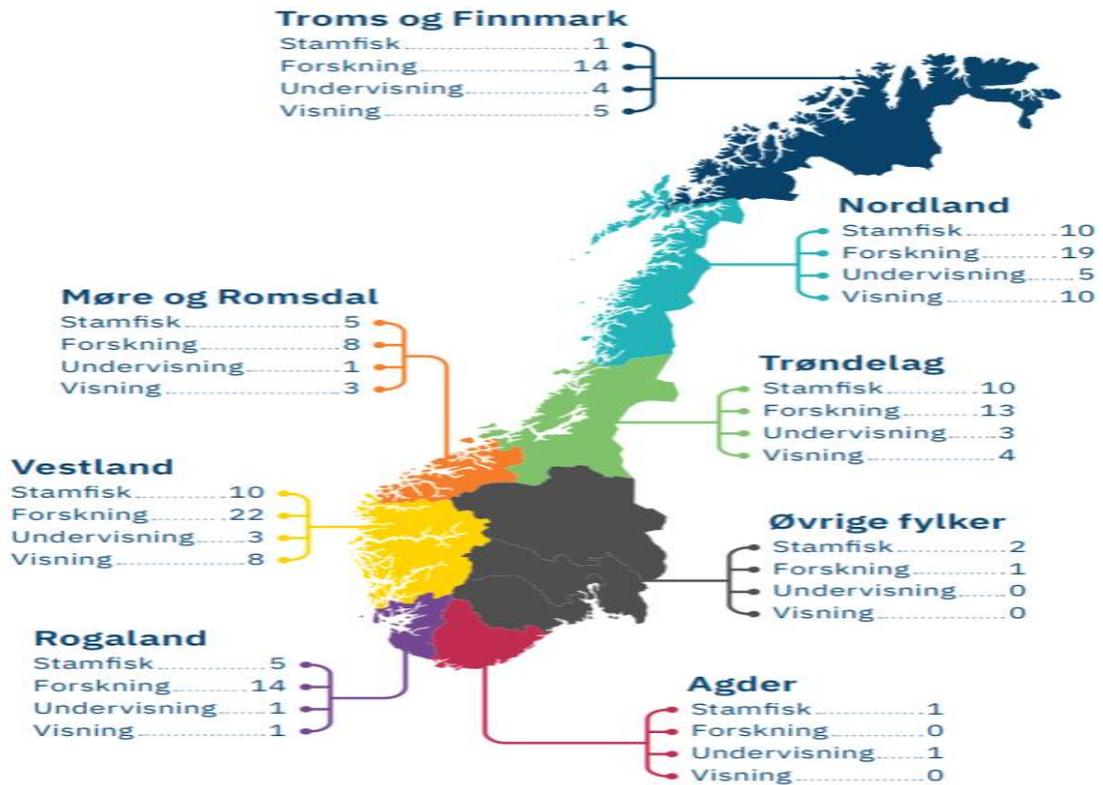
양식분야 면허 중 연구 허가의 목적은 노르웨이 양식업을 발전시킬 수 있는 연구 프로젝트를 촉진하는 것이다. 연구 허가는 번식 및 유전학, 어류, 건강, 사료, 기술 및 운영, 생태학 및 복지 등과 같은 다양한 분야의 지식 개발에 사용되고 있으며, 연구 면허자는 연구 결과를 보고하고 있다. 노르웨이 수산청의 연간보고서(2022)에 따르면, 노르웨이 수산청은 2019년부터 연간 보고에 대한 개별 피드백을 제공하고 있으며, 2021년에 수산청은 연구 면허자로부터 총 173건의 보고서

를 받았다. 연구 허가는 전체 해안을 따라 분포하고 있으며 Vestland와 Nordland지역에 가장 많은 면허가 있다. 이는 이 지역에 관련 연구가 활발하다는 것을 의미한다([fig. 2] 참조). HI, SINTEF, Nofima, NIVA, UiB, NINA 등 중앙 연구 기관은 총 10개의 연구 목적 허가를 보유하고 있다.

노르웨이 수산종자연구는 자금을 지원하는 재단과 연구를 수행하는 연구소의 협력 시스템으로 진행된다. 자금 지원은 이노베이션 노르웨이(Innovation Norway, IN), FHF, 노르웨이 연구위원회(Research Council of Norway, RCN-NFR) 등이 있다. IN은 산업 혁신을 위한 금융 지원 등 다양한 서비스를 제공하는 정부 기관으로 양식기술개발 계획서를 제출한 회사에 기술 개발 면허증을 발급하며, R&D 자금을 지원한다. FHF는 양식기술 R&D 발전을 위한 정책 이행으로 연어 육종 품종 개량 및 효율 높은 사료 개발, 빅데이터 기반의 생육환경 최적화 시스템 등의 정책을 지원해 오고 있다.

SINTEF는 2007년에 노르웨이과학기술대학교(NTNU) 내 위치한 정부 산하 기술 연구기관으로 설립되었다. 하지만 현재는 정부로부터 독립한 비영리 연구재단으로 다양한 분야의 연구를 수행하고 있으며, 양식업의 정책 개발 및 R&D 사업도 추진하고 있다. Nofima는 노르웨이 통상산업 수산부가 과반수 지분을 갖고 있는 공기업으로, 양식업 R&D 연구를 진행하고 있으며, 여기서 도출된 기술은 소유주 중 하나인 AKVA사를 통해 바로 적용된다(MOF, 2021).

정부 주도의 연구개발도 활발히 이루어지고 있으나 노르웨이 수산종자산업 연구는 민간 기업들에 의한 연구가 더욱 활발히 이루어지고 있다. 물론 민간기업의 육종 개발에 정부가 연구비 지원 등 간접적으로 지원하고 있으나, 대부분 기업의 상업 활동에 정부는 크게 관여하지 않으며, 관련 데이터를 보고 받고 모니터링 하는 수준에 그치고 있다.



Source: Directorate of Fisheries(2022), Annual report

[Fig. 2] Granted Permits for Broodstock(stamfisk Research(forskning), Education (undervisning) and display (visning) divided by county.

4. 노르웨이 수산종자기업

대서양 연어 양식 기업 중 상위권의 기업들이 대부분 노르웨이 기업으로 Mowi, Salmar, Lerøy 가 2022년 기준 매출 3위 안에 들었다.

노르웨이 연어 양식업은 소규모 기업들이 통합 되는 방향으로 발전했다. 노르웨이 양식 기업들은 대부분 수직적 통합을 통해 종자 생산부터 최종 상품까지 모든 과정에 관여하고 있으며, 대부분 양식 기업들은 부화장을 가지고 있다. 노르웨이 육종사업은 정부보다 민간 협회 주도 하에 시작되고 정착되어, 본격적인 산업화가 이루어지면서 기업들이 육종사업을 주도적으로 이끌어 오고 있다.

Mowi는 세계 최대의 연어양식 기업으로, 연어 양식으로만 연간 4조 원에 가까운 수익을 올린다. 어란, 치어, 사료 생산부터 연구소, 양식장과 도살장, 가공공장까지 연어 생산의 모든 것이 이 회사에서 이루어진다. 이 회사가 자랑하는 것은 자체 개발 품종인 ‘무비(Mowi)’로 노르웨이 최대 연어 서식지 중 한 곳인 보소(Vosso)강에서 채집한 연어를 수십 년 동안 교배로 개량한 것이다 (Lee, 2016).

Mowi는 자사의 성공 비결이 철저한 스마트 양식체계 구축에 있다고 밝혔다. Mowi는 연어 알을 부화시킬 때부터 선별기를 통해 1만 2천 개 이상의 알 내부를 일일이 스캔해 불량률을 낮춘

다. 또한 양식하는 모든 연어에 표식을 부착해 근친 교배를 막는다. 이 밖에도 사료 자동 급이 시스템, 자동 수질 관리시스템 등을 적용해 연어 생산성을 높이고 있다. 양식의 모든 과정부터 양식장 관리까지 IT 기술을 접목한 결과, Mowi의 시설 관리 인원은 5명 남짓에 불과하다(Cha, 2021).

전문 육종기업인 AquaGen은 2013년 어류에 대한 유전체 선택 구현 방법으로 소비자가 원하는 다양한 형질 개량에 성공했다. 2016년에는 유전자표지를 90만개까지 동시에 분석할 수 있는 SNP칩으로 개체의 유전자형을 분석하여 유전체 선발을 적용한 품종을 판매하기도 했다. 유전체 선발은 개체의 유전정보를 이용하여 유전능력을 예측하는 기술로 유전체 분석 및 유전체 빅데이터 활용 기술의 발전으로 등장한 새로운 선발육종 기술이다. 수정란 상태에서도 유전체 육종가를 계산할 수 있어 우수한 개체의 조기 선발이 가능하여 세대 간격을 줄일 수 있으며, 개체의 유전변이를 고려한 기술로 보다 정확하게 유전능력을 예측하여 우수한 개체 선발이 가능하다.

AquaGen은 탄소발자국을 줄이기 위해 유전적으로 선별된 종자를 선택하여 온실가스 배출량 저감 및 효율성을 촉진했다.

IV. 결론

본 연구에서는 노르웨이 연어종자산업을 살펴봄으로써 우리나라 수산종자산업의 발전방안을 모색하고자 하였다. 노르웨이는 세계적인 수산물 생산국이자 연어 생산국이다. 연어 양식기술을 최초로 개발한 노르웨이는 양식분야의 선두주라 할 수 있다. 이러한 노르웨�훤도 1980년대 후반부터 1990년대 초반까지는 양식경영이 심각한 상황에 놓여 있었다. 그러나 양식업의 재편과 연구 개발, 자동화 시스템 설비 도입 등으로 생산 효율성을 개선하여 위기를 극복했다(Oh et al.,

2012; Maroni K, 2010).

향후 양식업의 중요성이 커짐에 따라 수산종자의 중요성 또한 더욱 커지고 있다. 정부에서는 수산종자산업 육성을 위해 2015년 「수산종자산업 육성법」을 제정하고, 본 법에 따라 ‘수산종자산업 육성 및 지원을 위한 기본계획’을 수립하도록 하여 수산종자산업의 정책적 지원을 위한 제도적 근간을 마련했다. 하지만 이러한 정책의 시행에도 불구하고 수산종자산업의 문제점은 꾸준히 제기되고 있다.

우리나라 수산종자 생산업체는 대부분 영세하고, 심지어 무면허로 운영되는 곳이 대다수로 정확한 실태 파악이 어렵다. R&D 분야는 국립수산과학원 종자센터, GSP 수산종자사업, 디지털 종자사업 등 다양하게 이뤄지고 있으나 연구 성과의 실현성이 낮은데다 종자생산업체 자체 역량은 여전히 부족한 실정이다(Jo et al., 2022). 이러한 현행 문제점들을 해결하고, 수산종자산업의 발전을 위해 노르웨이 연어종자산업 관리체계를 살펴보고, 적용가능한 시사점을 도출해 보았다.

첫째, 노르웨이 정부는 수산종자 생산 면허를 발급받은 업체에게 매년 정기적으로 어란 및 치어의 생산 관련 정보를 받는데, 면허를 받은 업체는 반드시 보고를 해야 하는 의무를 지고 있다. 수산청은 어란과 치어의 생산과 판매 등 생산관련 사항 및 종사자 관련 통계도 모두 수집하여 축적하고 있다. 또한 노르웨이 수산청은 연어와 무지개송어를 대상으로 수익성 연구를 위해 매년 경영비 조사를 수행해 왔으며, 관련 데이터가 40여 년 이상 축적되어 있다. 수산청은 경영비 조사를 수행함으로써 종자 생산 단계별로 비용 및 수익성을 분석하여 효율성 제고 및 정책개발의 기초자료로 활용하고 있다.

우리나라도 통계 구축을 위해서 2021년부터 한국수산자원공단에서 ‘수산종자생산업 실태조사’를 시작했으나, 수산종자사업체 중 본 조사에 응한 비율이 절반에 미치지 못하고 있으며, 응답과정에서도 낮은 문항 이해도 및 개념의 오류로 중

복 응답 등 보완되어야 할 사항이 많은 실정이다 (Baek et al., 2022). 정확한 실태 조사와 통계 구축은 종자 현황 파악을 통한 수급 조절 및 관리 체계 구축에 절대적으로 필요하다. 노르웨이처럼 종자생산면허와 연계해서 생산정보 보고를 의무화하는 등 현재 시행되는 실태조사를 보완할 수 있는 방안이 우선적으로 마련되어야 할 것이다.

둘째, 노르웨이는 별도의 연구 면허를 발급한다. 면허자는 수산청에 매년 연구 결과를 보고서 형태로 제공해야 하며, 수산청은 이에 피드백을 제공하는 등 연구 개발에 적극적이다. 게다가 R&D자금 지원을 위한 다양한 펀드도 기관별로 설립되어 있다. 이러한 기관들은 정부가 관여하지만 대부분 독립된 비영리 재단으로 존재하며, 개발된 기술은 관계 기업 등을 통해 바로 적용되고 있다. 심지어 민간 기업들도 독립된 연구소를 두고 종자개발에 힘쓰고 있다.

우리나라 수산종자 R&D는 현재 국립수산물학원에서 수산종자 개발 및 개량에 힘쓰고 있다. 하지만 종자, 친어와 모패 등의 품질 관리를 위한 다양한 전담기관 설립 등 보다 적극적인 노력과 지원을 통해 수산종자 품질 향상을 도모해 나가야 한다.

셋째, 노르웨이 양식업체 대부분은 종자부터 최종 상품에 이르기까지 한 기업에서 담당하는 수직적 통합 시스템으로 이루어져 있다. 수산물 가치사슬(Value chain)은 개별 기업에 의해 분석되었으며, 기업들이 가치사슬의 단계별 효율성을 제고해 왔다. 이처럼 노르웨이는 소수의 대기업이 양식 수산물의 생산을 주도해 왔다고 할 수 있다. 따라서 다수의 영세한 양식업자들에 의해 생산이 이루어지고 있는 우리나라와 달리 종자생산부터 체계적이고 효율적인 관리가 용이하다. 노르웨이 수산종자산업도 다수의 영세한 업체들로 시작되었으나, 사업규모의 대형화로 생산 효율성이 높은 고부가가치 산업으로 도약했다(Nam and Kim, 2009).

우리나라도 수산종자산업 육성을 위해서는 규

모화를 통한 영세성 극복이 필요하다. 업체의 영세성으로 민간의 자율적 재투자 및 연구 개발이 어려운 상황이며, 가격 교섭력도 낮아 경영 수익성도 낮은 상황이다(Jo et al., 2022). 이러한 애로점 극복을 위한 경영 컨설팅 및 정보의 공유 등 다양한 지원 방안이 필요하다.

노르웨이 수산종자산업 발전은 민간기업의 노력만으로 이루어지지 않았다. 종자산업뿐만 아니라 양식업 전반에 걸쳐 정부의 지원이 선행되었다. 종자 및 양식업이 발전되어 온 역사를 살펴보면, 초기에는 정부 주도의 설립과 자금 지원이 대부분이었다. 하지만 발전함에 따라 점차 정부 차원의 지원은 줄어들고, 각 기관은 독립하여 민간에 의해 산업이 발전되어 왔다고 할 수 있다.

우리나라와 노르웨이는 산업 구조 등 환경 요인이 달라 노르웨이 체계를 우리나라에 직접 적용하기에는 어려움이 있다. 하지만 정부 주도의 허가시스템과 이를 통한 관리제도 및 종자산업 생산 보고 체계, 정부의 직접적인 자금지원이 아니더라도 자생할 수 있는 펀드 토대를 만드는 등 우리나라에 적용할 수 있는 시사점을 찾아 수산종자산업을 육성해 나가야 한다.

References

- Aquaculture Act(akvakulturloven). Retrieved from <https://lovdata.no/dokument/LTI/lov/2005-06-17~79>. on March 19
- Baek SM, Kim NR and Park SH(2022), Study on Improvement to Fisheries Seed Industry Survey Questionnaires, Statistics Korea, 47~50
- Cha JH(2021.03.19.). Fisheries powerhouse Norway maximizes productivity with 'smart farming'. Retrieved from https://www.globalepic.co.kr/view.php?ud=2021031917152245735796a9480c_29 on March 19.
- Directorate of Fisheries(2022). Annual report, Norway, 39~45.
- Directorate of Fisheries(2022). Aquaculture statistics: hatchery production of salmon, rainbow trout and

- trout, Retrieved from <https://www.fiskeridir.no/Akvakultur/Tall-og-analyse/Akvakulturstatistikk-tidsserier/Laks-regnbueoerret-og-oerret/Settefiskproduksjon> on January 12.
- FHF(Norwegian Seafood Research Fund). Retrieved from <https://www.fhf.no/fhf/about-fhf-english/> on March 19.
- Fisheries Seed Industry Promotion Act. The Korean Law Information Center. Retrieved from <https://www.law.go.kr> on April 8
- Government Norway. Retrieved from <https://www.regjeringen.no/en/dep/nfd/id709/> on March 19
- Hersoug, B, Mikkelsen E and Karlsen KM(2019). "Great expectations" - Allocating licenses with special requirements in Norwegian salmon farming, *Marine Policy*, 100, 152~162. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2018.11.019>
- IMR(Institute of Marine Research). Retrieved from <https://www.hi.no/en/hi/temasider/aquaculture> on March 19
- Jo HJ, Choi S, Lee DL, Park CY and Kim WS(2022). A Study on Improvement of Fisheries Seed Management Systems in Korea, *KMI*, 7, 2~3
- KSA(2021). Consumption of fishery products per capita and self-sufficiency rate for 9 years. Retrieved from https://www.index.go.kr/unity/potal/main/EachDtlPageDetail.do?idx_cd=1317 on March 19
- Lee IS(2016.10.09.) Interactive News, Salmon not returning... Visiting the world's largest salmon farm in Norway. Retrieved from <https://www.khan.co.kr/world/world-general/article/201610091643001#c2b> on March 19
- Maroni K(2000). Monitoring and regulation of marine aquaculture in Norway, *Journal of Applied Ichthyology*, 16, 192~195. <https://doi.org/10.1046/j.1439-0426.2000.00256.x>
- MOF(2021). A Study on the Development of Marine Fisheries in the Era of the Fourth Industrial Revolution, Ministry of Oceans and Fisheries Report, 18
- Nam JO and Kim SH(2009). Current Status and Implications of the Norwegian Aquaculture Industry, *Marine fisheries, KMI*, 2, 117~137.
- Nam JO and Cho JH(2013). Trends in Norwegian Seeds Industry - Focusing on Salmon and Trout, *Marine fisheries, KMI*, 3(3), 114~132.
- NOFAMA. Retrieved from <https://nofima.com/about/> on March 19
- Oh HT, Lee EC, Song CM, Kim HC, Kim JB and Jung RH(2013). The Norwegian Model of Fisheries Bio-Resources Management, *Kor J Fish Aquat Sci*, 46(2), 111~118. <http://dx.doi.org/10.5657/KFAS.2013.0111>
- RCN-NFR(Research Council of Norway). Retrieved from <https://fundit.fr/en/institutions/research-council-norway-rcn-nfr> on March 19
- Ryu JG(2009). Fisheries and aquaculture powerhouse, leads the development of superior quality breeding, *Fisheries Policy Research, KMI*, 4, 5~10.
- Sandvold HN(2016). Technical inefficiency, cost frontiers and learning-by-doing in Norwegian farming of juvenile salmonids, *Aquaculture Economics & Management*, 20(4), 382~398. <https://doi.org/10.1080/13657305.2016.1224659>
- Sandvold HN and Tveterås R (2014) Innovation and productivity growth in Norwegian production of juvenile salmonids, *Aquaculture Economics & Management*, 18(2), 149~168. <https://doi.org/10.1080/13657305.2014.903313>
- Salmon Allocation Regulations (laksetildelingsforskriften). Retrieved from <https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2022-11-07-1929?q=laksetildelingsforskriften> on March 19
- The Aquaculture Operations Regulations (akvakulturdriftsforskriften). Retrieved from <https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2008-06-17-822/kap1#kap1> on March 19

• Received : 17 April, 2024

• Revised : 17 May, 2024

• Accepted : 24 May, 2024