

---

# 양식 수산물 중장기 수급전망모형 구축 연구

- 굴을 중심으로 -

A Study on the Construction of a Mid- to Long-term Supply and  
Demand Forecasting Model for Cultured Seafood  
- Focusing on Oysters -

김철현 · 하현정 · 허수진 · 하혜수 · 이남수



한국해양수산개발원  
KOREA MARITIME INSTITUTE

저자	김철현, 하현정, 허수진, 하혜수, 이남수			
내부연구진	연구책임자	김철현	한국해양수산개발원	수산정책사업본부 전문연구원
	공동연구원	하현정	한국해양수산개발원	수산정책사업본부 전문연구원
	공동연구원	허수진	한국해양수산개발원	수산정책사업본부 전문연구원
	공동연구원	하혜수	한국해양수산개발원	수산정책사업본부 전문연구원
	공동연구원	이남수	한국해양수산개발원	수산정책사업본부 부연구위원

연구기간	2022. 5. 1. ~ 2022. 10. 31.
------	-----------------------------

#### 보고서 집필내역

연구책임자	김철현 연구총괄, 제1장~5장 일부, 제6장
내부연구진	하현정 제3장 제1절, 제4장 제1절
	허수진 제3장 제2절, 제5장 제2절
	하혜수 제2장 제1절 제2절 제3절 일부
	이남수 제1장 제1절 제3절 일부, 제5장 제2절 일부

---

# 발간사

우리나라의 패류양식 생산량은 전복, 굴, 홍합, 가리비 등의 품목을 중심으로 지속적으로 증가하다가 최근 들어 고수온, 태풍 등의 기상요인 변화 및 경영비 상승, 소비트렌드 변화 등의 다양한 요인으로 인해 성장세가 주춤하는 모습을 보였다. 특히 2020년 발생한 코로나19로 인한 소비트렌드 변화, 외국인노동자 수급문제로 인한 인건비 상승 등의 현상이 발생하였으며, 최근에는 경기침체우려 및 달러강세 현상까지 나타나고 있다. 이러한 대내외적 요인들은 미래 수급에 대한 불확실성을 높이고 이런 상황에서는 장기적인 측면에서의 합리적 전망이 어렵기 때문에 정책입안자들은 정책을 수립하고 대응방안을 마련하는 데 어려움을 겪고, 양식어가는 합리적인 경영을 기대하기 어렵다. 이러한 현상들은 적절한 정책 대응을 불가능하게 만들고 양식어가의 생산성 및 경영상태를 악화시킬 수 있기 때문에 향후 수급불안정을 심화하는 문제를 발생시킨다. 따라서 대내외적 요인들이 수산물 수급에 미치는 영향을 장기적인 측면에서 분석하여 합리적인 수급지표를 추정할 수 있는 방법이 필요하다.

이에 본 연구에서는 국내 양식 굴의 중장기 수급지표들을 합리적으로 전망할 수 있고 정책 시뮬레이션 분석이 가능한 계량경제학 기반의 수급전망모형을 구축하였다. 선행연구들을 검토하여 모형구축방향과 방법을 설정하고, 굴의 수급구조를 분석하여 모형에 반영해 현실설명력을 높이기 위한 노력을 하였다. 개별방정식들은 이론적으로 부합하며 연구 목적에 적합하게 추정하였으며, 향후 3개년의 수급지표들을 전망하였다. 특히 단수 함수에는 수산분야에서 잘 고려하지 않았던 수온을 직접 투입하여 구축하였는데 수온은 굴의 생육과 직접 관련된 변수인 만큼 모형의 현실설명력 강화에 큰 도움이 될 것으로 판단된다. 또한 시설량 감소, 환율 변화, 수온 상승 등 굴 수급에 영향을 크게 미칠 것으로 예상되는 시나리오를 설정하여 파급효과를 추정해 정책적인 활용도를 높였다. 중장기 수급전망 및 정책 시나리오 분석을 통해 앞으로 국내 굴 수급상황을 안정시키는 데 작게나마 기여할 수 있기를 기대한다.

본 연구는 수산정책사업본부 수산업관측센터의 김철현 전문연구원이 연구책임을 맡았으며, 하현정 전문연구원, 허수진 전문연구원, 하혜수 전문연구원, 이남수 부연구위원이

---

연구진으로 참여하였다. 굴 중장기 수급전망모형의 이론적 적합도와 현실 설명력을 모두 달성하기 위해 어려운 상황에서도 분석에 많은 노력을 기울인 연구진들에게 감사를 전한다. 또한 본 연구를 위해 많은 자문을 아끼지 않은 자문위원들에게도 감사의 말씀을 전한다.

2022년 12월  
한국해양수산개발원  
원장 김 종 덕

---

# 목차

요약\_i

Executive Summary\_ix

01	서론_1	
	제1절 연구 배경 및 목적	1
	1. 연구 배경 및 필요성	1
	2. 연구 목적	3
	제2절 연구 내용과 방법	5
	1. 연구 내용	5
	2. 연구 방법	6
	제3절 선행연구 검토	9
	1. 선행연구	9
	2. 선행연구와의 차별성	12

02	굴 양식 현황 및 수급 동향_15	
	제1절 굴 양식업 개요	15
	1. 굴 양식 면허 현황	15
	2. 굴 양식 과정	16
	제2절 굴 수급 동향	23
	1. 생산 동향	23
	2. 가격 동향	26
	3. 수출입 동향	29
	제3절 시사점	32

---

## 03 | 굴 중장기 수급전망모형 구축\_35

제1절 기초통계 DB 구축	35
1. 거시경제변수	35
2. 생산 부문 DB	37
3. 가격 부문 DB	38
4. 수출 부문 DB	39
제2절 모형 구축을 위한 이론적 배경 검토	41
1. 기상요인을 고려한 단수모형	41
2. 균형가격 도출 방식	42
제3절 굴 중장기 수급전망모형 구축 방향	45
1. 개별방정식 구축 방향	45
2. 굴 중장기 수급전망모형 구조도	47

## 04 | 굴 중장기 수급전망모형 추정 및 예측력 검정\_49

제1절 방정식 추정 결과	51
1. 굴 시설량 함수	51
2. 굴 단수 함수	52
3. 굴 수출 함수	55
4. 역수요함수(도매가격)	58
제2절 모형 예측력 검정 결과	60
1. 예측력 검정 방법	60
2. 예측력 검정 결과	61

---

## 05 | 굴 종장기 수급전망 및 정책 시뮬레이션\_63

제1절 주요 수급지표 전망 결과	63
1. 주요 외생변수 가정	63
2. 굴 수급 및 가격 지표 전망결과	64
제2절 정책 시뮬레이션 분석	66
1. 정책 시나리오 설정	66
2. 시나리오별 시뮬레이션 결과	67

## 06 | 결론 및 제언\_75

제1절 요약 및 결론	75
제2절 제언	78
1. 본 연구 기여	78
2. 제언	79

## 참고문헌\_83

## 부록\_89

---

## 표 목차

〈표 1-1〉 연구 방법 .....	8
〈표 1-2〉 농업분야 주요 선행연구 .....	10
〈표 1-3〉 수산분야 주요 선행연구 .....	11
〈표 2-1〉 굴 양식 면허별 양식 방법 분류 .....	15
〈표 2-2〉 연도별 굴 양식 면허 건수 .....	16
〈표 2-3〉 지역별 굴 양식 면허 건수(2021년 기준) .....	16
〈표 2-4〉 국내 굴 종자 단련장 현황 .....	20
〈표 2-5〉 연산별 굴 시설량 .....	23
〈표 2-6〉 연산별·지역별 굴 시설량 .....	24
〈표 2-7〉 연산별·시설 종류별 굴 시설량 .....	24
〈표 2-8〉 연산별 알굴 생산량 .....	25
〈표 2-9〉 연산별·지역별 알굴 생산량 .....	26
〈표 2-10〉 연산별 알굴 산지가격 .....	27
〈표 2-11〉 연산별·지역별 알굴 산지가격 추이 .....	27
〈표 2-12〉 연산별 알굴 도매가격 .....	28
〈표 2-13〉 연도별 굴 수출실적 .....	29
〈표 3-1〉 주요 거시경제 통계 구축 현황 .....	36
〈표 3-2〉 투입요소가격 통계 구축 현황 .....	37
〈표 3-3〉 생산 관련 통계 구축 현황 .....	38
〈표 3-4〉 가격 관련 통계 구축 현황 .....	39
〈표 3-5〉 굴 HS코드 세부내역 .....	40
〈표 3-6〉 수출 관련 통계 구축 현황 .....	40
〈표 4-1〉 시설량 함수 추정 결과 .....	52
〈표 4-2〉 단수 함수 추정 결과 .....	54
〈표 4-3〉 대일본 굴 수출 함수 추정 결과 .....	56
〈표 4-4〉 미국 굴 수출 함수 추정 결과 .....	57
〈표 4-5〉 기타국가 굴 수출 함수 추정 결과 .....	58
〈표 4-6〉 굴 역수요함수(도매가격) 추정 결과 .....	59
〈표 4-7〉 시설량 함수의 예측력 검정결과 .....	61
〈표 4-8〉 단수 함수의 예측력 검정결과 .....	61



---

〈표 4-9〉 수출 함수의 예측력 검정결과 .....	62
〈표 4-10〉 역수요함수(도매가격)의 예측력 검정결과 .....	62
〈표 5-1〉 주요 지표 전망을 위한 외생변수 가정 .....	64
〈표 5-2〉 굴 수급 및 가격 지표 전망결과 .....	65
〈표 5-3〉 시뮬레이션 시나리오 설정 .....	67
〈표 5-4〉 시설량 5% 감소 시 주요 지표 변화 .....	68
〈표 5-5〉 시설량 10% 감소 시 주요 지표 변화 .....	69
〈표 5-6〉 시설량 15% 감소 시 주요 지표 변화 .....	69
〈표 5-7〉 환율 1,200원 시 주요 지표 변화 .....	70
〈표 5-8〉 환율 1,400원 시 주요 지표 변화 .....	71
〈표 5-9〉 환율 1,600원 시 주요 지표 변화 .....	72
〈표 5-10〉 수온 0.5℃ 상승 시 주요 지표 변화 .....	73
〈표 5-11〉 수온 1℃ 상승 시 주요 지표 변화 .....	73
〈부록 표 1〉 농업분야 선행연구 .....	89
〈부록 표 2〉 수산분야 선행연구 .....	93

---

## 그림 목차

〈그림 2-1〉 굴 양식 순기 .....	17
〈그림 2-2〉 채묘면 및 채묘 작업 .....	18
〈그림 2-3〉 단련장 .....	19
〈그림 2-4〉 굴 연승수하식 양식시설 모식도 .....	21
〈그림 2-5〉 양성중인 굴 .....	21
〈그림 2-6〉 채취작업 중인 어민 .....	22
〈그림 2-7〉 연도별 굴 시설량 추이 .....	23
〈그림 2-8〉 연도별 알굴 생산량 추이 .....	25
〈그림 2-9〉 연도별 알굴 산지가격 추이 .....	27
〈그림 2-10〉 연도별 알굴 도매가격 추이 .....	28
〈그림 2-11〉 연도별 굴 수출실적 추이 .....	29
〈그림 2-12〉 주요 국가별 굴 수출실적 추이 .....	30
〈그림 2-13〉 연도별 굴 수입실적 추이 .....	31
〈그림 3-1〉 수급 동시균형모형 균형가격 도출 개념도 .....	43
〈그림 3-2〉 굴 중장기 수급전망모형 전체 구조도 .....	48
〈그림 5-1〉 굴 수급 및 가격 지표 전망 추이 .....	65

## 요 약

# 양식 수산물 중장기 수급전망모형 구축 연구 - 굴을 중심으로 -

김철현 · 하현정 · 허수진 · 하혜수 · 이남수

## 1. 연구 목적

- 최근 다양한 대내외적 요인들로 인해 굴 수급의 불확실성이 높아지고 있으며 이는 양식어가의 경영안정성 저해와 소비자들의 구매력 감소 등의 부정적인 영향을 미침
- 양식어가에서는 경험적으로 체득한 과거의 정보를 기반으로 시설량 조절, 출하 시기 등을 결정하는 경향이 있음
- 대내외적 요인들로 인해 불확실성이 높아질 경우 일반적으로 시설량을 확대하는 등 투입요소를 늘려 수익성을 높이려고 하는데 이는 효율적인 어가경영을 어렵게 함
- 굴 수급안정화를 위한 대응방안 마련 및 정책적 대응을 위해서는 합리적인 중장기 굴 수급지표 전망치 도출이 필요함. 현재 단기수급전망모형을 운용하고 있지만 이를 이용하여 중장기적 수급지표들을 전망하는데 한계가 있음
- 중장기적인 측면의 수급전망에는 금리, 환율과 같은 거시경제변수들의

---

영향까지 고려해야하는데 단기수급전망모형에서는 이를 고려한 전망치 도출이 어려운 문제가 있음

- 또한 단순히 단기전망의 시계열을 늘려서 장기전망을 할 경우 전망치에 편의가 발생하고 효율성이 떨어지는 문제가 발생함
- 따라서 중장기측면에서 굴의 수급에 미치는 영향을 분석하여 합리적으로 중장기 수급지표를 도출할 수 있는 계량경제학기반의 수급전망모형이 필요함
- 이에 본 연구의 목적은 굴을 대상으로 정교한 중장기 수급전망이 가능한 모형을 구축하는 것임
- 굴의 수급 특성과 생물학적 특성을 고려하여 모형의 현실설명력 제고, 변수들 간의 인과관계가 경제학이론에 부합하는 모형 구축, 정책적 지원기능 강화 등을 세부 목적으로 함

## 2. 연구 방법 및 특징

### 1) 연구 방법

- 국내외 문헌조사 및 통계 분석, 전문가 자문 등을 통해 수급전망모형 구축 관련 연구동향을 분석하여 분석방법 및 수급전망모형의 구조를 설정함
- 국내외 농업 및 수산분야의 수급전망모형 구축 관련 연구들을 분석하여 모형의 구조, 추정방법, 예측력 검정 방법 등을 검토함
- 굴의 수급 및 양식어업의 특성을 파악하기 위해 관련 전문가 자문을 실시 하고, 모형구축을 위한 통계자료를 수집하여 DB를 구축함

- 계량경제학기반의 방정식 추정과 축차형의 모형구축, 예측력 검증 등을 수행하여 모형의 현실설명력을 높임
- 앞서 분석들을 통해 설정된 모형의 구조와 개별방정식들은 패널분석과 통상최소제곱법을 이용하여 추정함
- 시설량 함수와 단수 함수는 패널분석의 고정효과모형을 이용하여 각 지역의 생산특성을 계수로 도출하여 함수를 구성함
- 예측력 검증은 일반적으로 이용되는 MAPE, RMSPE, Theil의 불균등계수 등을 이용하여 수행함
- 정부 부처와의 협의를 통해 실질적인 정책 수요를 반영할 수 있는 모형의 시나리오를 설정하여 파급효과를 분석함

## 2) 연구의 특징

- 본 연구에서는 수산분야에서 잘 고려하지 못한 수온변수를 굴의 단수 함수에 적용함
- 기존의 굴 단기수급전망모형에서는 단수 함수를 추정하기 위해 표본조사를 통해 수집되는 비만도 등의 정성적인 변수를 수치화하여 단수추정에 이용함
- 이는 어업인의 주관이 많이 개입되며, 양성상태의 판단기준이 일정하지 않는 문제점이 있기 때문에 굴의 생육조건에서 중요한 요인인 수온을 이용하여 단수 함수를 구축함
- 다음으로 굴의 생물학적 특성을 고려하여 생산어기에 맞춘 연산별 전망 모형을 구축함
- 굴과 같이 특정 생산어기가 있는 품목들은 회계연도(1~12월)가 아닌 생산어기에 맞춘 연산별 전망모형을 구축하는 것이 합리적임

- 따라서 본 연구에서는 수산분야에서 고려하지 않았던 기상요인을 이용하여 굴의 생물학적 특성과 생산여기를 고려한 중장기 수급전망모형을 구축했다는 특징이 있음

### 3. 연구 결과

#### 1) 결과 요약

- 모형은 굴의 비탄력적 공급을 고려한 역수요함수를 통해 균형가격을 도출하였으며, 지역별 특성을 고려하기 위한 패널분석을 이용하여 시설량 함수와 단수 함수를 구축하였음
- 개별방정식들은 10%의 유의수준에서 유의하고, 경제학 이론에 부합하는 계수의 부호조건을 달성하여야 하며, 결정계수가 높고 자기상관이 없는 방정식을 선정하였음

〈요약 표 1〉 개별방정식 구조

구분	개별방정식 구조
시설량	• 전기 시설량, 기대수익률
단수	• 기술변화 더미(추세, 수온)
수출량	• 수출단가, 환율, 관세율
역수요함수	• 1인당 굴 소비량, 1인당 국민처분가능소득

자료: 저자 작성

- 추정된 개별방정식의 2019년부터 2021년까지의 예측력을 검정한 결과, Theil의 불균등 계수값은 모두 0.1 이하로 나타나 예측력이 양호한 것으로 평가됨

- Theil의 불균등계수는 0.1 이하, MAPE, RMSPE는 10% 이하일 때 예측력이 우수한 것으로 평가함
- 다만 단수 함수와 수출 함수는 일부 기준치를 벗어나는 결과가 도출되었는데 이는 단수와 수출에 미치는 다양한 요인들을 모두 고려하지 못한 데서 비롯된 것으로 판단됨
- 구축된 굴 중장기 수급전망모형을 이용하여 시설량 감소, 환율 변동, 수온 상승 등의 시나리오분석을 실시한 결과 주요 수급지표들이 합리적으로 도출됨
- 세 가지 시나리오는 세부적으로 시설량 감소(5%, 10%, 15%), 원달러 환율(1,200원, 1,400원, 1,600원), 수온 상승(0.5℃, 1℃) 등 총 8가지로 구분하여 분석함

〈요약 표 2〉 시나리오 분석 결과

시나리오	2023년산 주요 지표 변화
시설량 감소	<ul style="list-style-type: none"> <li>• (5% 감소) 생산량 4.9% 감소, 도매가격 2.42% 상승</li> <li>• (10% 감소) 생산량 9.9% 감소, 도매가격 6.55% 상승</li> <li>• (15% 감소) 생산량 14.8% 감소, 도매가격 11.1% 상승</li> </ul>
환율 변동(원달러)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• (1,200원) 생산량 변동 없음, 수출량 1.0% 상승</li> <li>• (1,400원) 생산량 변동 없음, 수출량 5.5% 상승</li> <li>• (1,600원) 생산량 변동 없음, 수출량 9.4% 상승</li> </ul>
수온 상승	<ul style="list-style-type: none"> <li>• (0.5℃ 상승) 생산량 1.7% 감소, 도매가격 0.9% 상승</li> <li>• (1℃ 상승) 생산량 3.3% 감소, 도매가격 2.0% 상승</li> </ul>

자료: 저자 작성

## 2) 결론

- 본 연구는 문헌연구, 굴 수급특성 파악, 계량경제학적 분석 등을 통해 정교한 굴 중장기 수급전망모형을 구축함

- 
- 굴의 수급구조 및 특성에 맞춘 연산별 모형으로 구축하였으며, 변수들의 인과관계를 경제학 이론에 부합하게 함
  - 정책 시뮬레이션 분석을 통해 시나리오 분석이 가능한 모형을 구축하여 정책적 측면의 활용성을 강화함
  - 본 연구의 한계로는 이용 가능한 데이터의 기간이 짧은 점, 단수 함수에 다양한 요인들을 고려하지 못한 점, 수급전망모형이 가진 근본적인 한계와 관련된 점 등이 있음
  - 계량경제학 기반의 분석은 시계열의 길이가 길수록 더욱 설명력이 높은 특징을 가지고 있기 때문에 향후 지속적으로 자료를 축적시킬 필요가 있음
  - 단수 함수는 굴의 성장과 관련된 기상요인들이 다양하게 변수로 활용되어야 하나 기상요인과 굴의 성장사이에 어떠한 인과관계가 있는지에 관한 연구가 없어 판단의 기준이 부재함
  - 수급전망모형은 과거의 자료를 이용하여 기존 시계열의 움직임을 분석하여 미래를 예측함. 특히 1년 단위의 통계에서는 태풍피해와 같은 이상 현상이 매우 제한적으로 반영될 수밖에 없음. 따라서 천재지변이나 코로나 19와 같은 불확실성은 예측하기 어려운 한계가 존재함

### 3) 제언

- 본 연구의 의의는 굴의 어기를 고려한 연산별 모형 구축, 대내외적 충격에 사전적으로 대응할 수 있는 기초자료 제공, 정책 시뮬레이션을 통한 굴 양식 및 수급 관련 정책지원 등이 있음
- 굴은 9월부터 익년 5월까지가 주 어기로 일반적인 회계연도(1~12월)을 기준으로 중장기 전망을 할 경우 전망치의 편이가 발생하게 되므로 여기에 맞춘 연산별 전망이 가능한 모형을 구축함



- 고수온, 환율 변동 등 수급에 충격을 주는 요인들이 발생할 시 이를 고려한 전망치를 도출하여 사전대응이 가능한 기초자료를 제공할 수 있음
- 정책 시뮬레이션을 통해 어기초 해당연산 수급지표 전망을 통해 정부의 정책방향설정에 도움을 줄 수 있으며, 어장관리 및 수급관리 측면을 지원할 수 있음
- **굴 중장기 수급전망모형의 활용도를 높이고 예측력을 제고하기 위해서는 모형의 운용 및 관리 측면에서 보완해야 할 점이 있음**
- 모형의 현실설명력 강화를 위해 경영비 등 주요 변수의 수집을 위한 후속 연구 수행이 필요함
- 정책적 활용성을 높이기 위해 단기예측모형과 연계하는 연구가 수행되어야 함
- 개별방정식의 계숫값에 대한 지속적인 업데이트와 전문가 협의가 필요함
- 시계열 길이의 한계로 균형가격 도출방식을 축차형으로 구성하였으나 추후 동시균형모형을 활용할 수 있는 방안에 관한 연구가 수행되어야 함



## EXECUTIVE SUMMARY

# **A Study on the Construction of a Mid- to Long-term Supply and Demand Forecasting Model for Cultured Seafood – Focusing on Oysters –**

Cheol-Hyun Kim · Hyun-Jung Ha · Su-Jin Heo · Hye-Soo Ha · Nam-Su Lee

## **1. Purpose**

- With increasing uncertainty surrounding the supply and demand of oysters due to a variety of internal and external factors, there has been a negative impact on aquaculture households including impediments to business stability and reduced purchasing power of consumers.
- Aquaculture households have a tendency to decide facilities and shipping times based on information learned through past experience.
- When uncertainties rise resulting from internal and external factors, fishery households generally increase input factors such

---

as expanding the facility capacity, which prevents the effective business of fishery households.

- To formulate countermeasures and policy responses for a stable supply and demand of oysters, it is necessary to extract reasonable forecasting indicators of oyster supply and demand from a mid- to long-term perspective.
- The mid- to long-term forecast of supply and demand should consider macroeconomic variables such as interest rates and exchange rates, which have not been taken into account in the short-term supply and demand forecasting model.
- If long-term forecasting is conducted by simply extending the time series of the short-term forecasts, problems may occur such as a bias in forecasts and the lack of efficiency.
- Therefore, it is necessary to establish an econometrics-based supply and demand forecasting model which is able to analyze the mid- to long-term impact on the supply and demand of oysters, reasonably extracting mid- to long-term indicators.
- Therefore, this study aims to construct a precise model targeting oysters capable of forecasting mid- to long-term supply and demand.
- Specific purposes are as follows; improving the explanatory power of reality considering characteristics of the supply and demand as well as the biological features of oysters; building a model in which the causality among variables corresponds with economic theories; and strengthening the function of policy support.

## 2. Methodology and features

### 1) Methodology

- After conducting a review of domestic and foreign literature, statistical analyzes and consultations with experts, this study analyzed the research trend surrounding the construction of supply and demand models, and then established analysis methods and the structures of a forecasting model.
- Studies relevant to the construction of supply and demand models in the agriculture and fisheries sectors at home and abroad were analyzed to review the structure, estimation methods and methods for testing the predictability of models.
- Consultations were conducted with relevant experts to understand the features of the supply and demand of oysters as well as aquaculture while collecting statistical data to build a DB for model construction.
- The model's explanatory power of reality was improved with the estimation of econometrics-based equations, the construction of a recursive model and the predictability testing.
- The structures of the model and individual equations established through the analysis earlier were estimated by a panel analysis and Ordinary Least Squares (OLS).
- Per unit production function and facility capacity function were composed by utilizing a fixed effect model from the panel analysis and utilizing production features per each region as coefficient.

- 
- The predictability was tested with generally used methods including MAPE, RMSPE, and Theil's inequality coefficient.
  - This study analyzed the ripple effect by setting scenarios of a model which can reflect actual demand of policy through consultations with relevant governmental departments.

## 2) Features

- This study applied the variable of water temperature to per unit production function, which has not been considered in the fisheries sector.
- For estimating per unit production function, existing short-term supply and demand forecasting models for oysters utilized qualitative variables such as the fatness of oysters collected through sample surveys by turning them into numbers.
- Such a method, however, poses several problems including subjective intervention by fishermen and inconsistent standards for the growth status of oysters. Therefore, this study constructed per unit production function by using water temperature, which is an important factor for the growth of oysters.
- Second, this study constructed a model per annual capacity of production reflecting production season by taking the biological characteristics of oysters into account.
- For fishery items having a specific season for production such as oysters, it is reasonable to construct a model per annual

capacity of production consistent with production season rather than based on fiscal year (Jan ~ Dec).

- Therefore, this study has a distinctive feature of establishing a mid- to long-term supply and demand forecasting model considering biological features and fishing production season, while utilizing weather factors which have not been considered in the fisheries sector.

### 3. Result

#### 1) Summary

- The model was constructed whereby an equilibrium price was extracted through an inverse demand function considering the inelastic supply of oysters. In addition, this study utilized a panel analysis to construct per unit production function and facility capacity function in order to reflect regional characteristics.
- The significance level of individual equations was 10%, while sign conditions of the coefficient corresponded with economic theories. Also, equations used in this study have a high coefficient of determination and no autocorrelation.

〈Summary table 1〉 Structure of individual equations

Classification	Structure of individual equations
Facility capacity	• Capacity of electrical facilities, Expected rate of return
Per unit production	• Dummy for technological change (trend, water temperature)
Export volume	• Unit cost of export, exchange rates, tariff rates
Inverse demand function	• Per capita oyster consumption, Per capita disposable income

Source: Prepared by the authors

- According to the result of testing the predictability of estimated individual equations from 2019 to 2021, Theil's U1 all represented lower than 0.1, indicating excellent predictability.
- The predictability is considered accurate when Theil's U1 is 0.1 or lower, while MAPE and RMAPE show 10% or lower.
- However, several per unit production functions and export functions showed some deviation from standard values. This may be because a variety factors affecting per unit production and export were not taken into consideration.
- Based on the constructed mid- to long-term forecasting model, this study conducted an analysis with scenarios such as reduction of facility capacity, changing exchange rate, and rising water temperature, generating reasonable indicators of supply and demand.
- More specifically, the three aforementioned scenarios were classified and analyzed into 8 categories; reducing the facility capacity by 5%, 10%, and 15%, US dollar to South Korean Won exchange rate of 1,200 won, 1,400 won and 1,600 won and rising water temperature by 0.5°C and 1°C.



〈Summary table 2〉 Result of scenario analysis

Scenario	Change of major indicators for the 2023 output
Reduction of facility capacity	<ul style="list-style-type: none"> <li>• (5% reduction) 4.9% reduction in production, 2.42% increase in wholesale price</li> <li>• (10% reduction) 9.9% reduction in production, 6.55% increase in wholesale price</li> <li>• (15% reduction) 14.8% reduction in production, 11.1% increase in wholesale price</li> </ul>
Exchange rate (USD to KRW)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• (1,200 Won) No change in production, 1.0% increase in export volume</li> <li>• (1,400 Won) No change in production, 5.5% increase in export volume</li> <li>• (1,600 Won) No change in production, 9.4% increase in export volume</li> </ul>
Increase of water temperature	<ul style="list-style-type: none"> <li>• (Increase of 0.5℃) 1.7% reduction in production, 0.9 % rise in wholesale price</li> <li>• (Increase of 1℃) 3.3% reduction in production, 2.0% rise in wholesale price</li> </ul>

Source: Prepared by the authors

## 2) Conclusion

- This study constructed a precise mid-to long-term supply and demand model for oysters based on a literature review, understanding of the supply and demand of oysters and econometric analysis.
- The model is an annual production-based model customized to the supply and demand structures as well as the characteristics of oysters, while the causality among variables corresponds with economic theories.
- Policy-wise utilization has been strengthened by establishing a

---

model capable of scenario analysis through the analysis of policy simulations.

- Limitations of this study can be stated as follows; a short duration of available data, the lack of consideration for a variety of factors in per unit production function, and fundamental limitations possessed with supply and demand models.
- In an econometric-based analysis, the longer a time series, the higher the explanatory power can be. Therefore, it is necessary to continue accumulating relevant data.
- The per unit production function should utilize various weather conditions relevant to the growth of oysters as variables. However, there has not been any research on the causality between weather factors and the growth of oysters, leading to a lack of criteria for judgement.
- A supply and demand forecasting model predicts the future by analyzing the movement of existing time series based on the past data. In annual based statistics, in particular, it is inevitable that abnormal phenomenon such as damage from typhoons can only be restrictively reflected to the statistics. Therefore, uncertainties such as natural disasters and Covid-19 are difficult to forecast.

### 3) Suggestions

- This study bears its significance in terms of constructing an annual production-based model considering oyster fishing

season, providing basic data for preemptively responding to internal and external shocks, and presenting policy supports relevant to oyster aquaculture and its supply and demand through policy simulations.

- The oyster fishing season runs from September to May of the following year. If a mid- to long-term forecast is conducted based on a regular fiscal year (Jan - Dec) it would result in bias in forecasts. Therefore, this study constructed a model capable of forecasting based on annual production consistent with fishing season.
- This model factored into a number of events that can affect to the supply and demand of oysters such as high water temperature and change in exchange rate in extracting forecasts, thereby it can offer basic data for proactive response to potential shocks.
- Through policy simulations, this study can aid in establishing policy directions of the government by forecasting supply and demand indicators for corresponding annual production at the beginning of fishing season, while supporting the management of fishing grounds as well as supply and demand management.
- The mid- to long-term supply and demand forecasting model for oysters should work on the following areas from the perspective of the operation and management in order to improve its utilization and predictability.
- Follow-up studies should be carried out for collecting major variables such as management expenses in order to enhance the explanatory power of reality.

- 
- A study on measures to connect with short-term forecasting models should be conducted to improve policy-wise utilization.
  - Coefficient values of individual equations should continue to be updated and consultations with experts are necessary.
  - Due to the limitation posed by the length of time-series, the market equilibrium price was calculated using a recursive method, which requires further studies on measures to utilize a simultaneous equilibrium model.

# 01

## 서론

### 제1절 연구 배경 및 목적

---

#### 1. 연구 배경 및 필요성

겨울을 대표하는 수산물 중 하나인 굴은 김장 등 우리나라의 식문화와 매우 밀접한 연관이 있는 품목으로 산업적 중요성이 높은 품목이다. 그러나 굴은 최근 기후변화, 국제정세 등 다양한 요인으로 인해 수급불안정 현상이 발생하고 있다. 고수온, 가을태풍 등 기상요인으로 인한 시설 및 탈락피해, 코로나19로 인한 인력난 및 박신<sup>1)</sup>작업의 어려움 등 대내외 환경 변화를 맞이하였다.

특히 2020년에는 남해안지역을 강타한 태풍으로 인해 굴 탈락 피해와 코로나19로 인한 인력수급문제가 굴 수급에 심각한 요인으로 작용하였다. 2021년 들어서는 경남지역에서 굴 집단폐사가 발생했으며 피해규모는 100억 원대로 추산되었다. 이렇듯 굴의 수급에 영향을 미치는 요인들이 다양해짐에 따라 수급불안정 현상이 발생할 위험도 높아지고 있다. 이로 인해

---

1) 박신은 굴의 껍데기를 벗겨 알개로 가공하는 작업을 의미함

---

굴 연간 생산량은 2012년 35,174톤에서 2021년 30,042톤으로 15% 감소했으며, 산지가격은 2012년 5,818원에서 2021년 8,544원으로 47% 상승하였다.

고수온, 태풍 등 기상요인은 앞으로도 지속적으로 수산물 수급에 영향을 미칠 가능성이 큰 것으로 전망되고 있고, 2022년에는 러시아-우크라이나 사태와 코로나19로 인한 중국의 자국 봉쇄와 같이 수급을 불안정하게 만드는 요인들도 발생할 가능성이 높다. 이러한 대내외적 요인에 따라 미래 수급의 불안정성이 커지고 있으므로 중장기적으로 굴의 생산, 가격, 수출 등이 어떻게 변하는지에 대해 합리적인 전망과 대응방안 마련의 필요성이 확대되고 있다.

일반적으로 양식어가에서는 시설량 출하시기 등을 과거의 경험을 바탕으로 결정하는 경향이 있다. 수급이 불확실한 상황에서는 일반적으로 양적 확대를 통한 수익 증대를 도모하지만 이는 오히려 밀식 등으로 인해 생산성 악화와 비효율적인 어가경영을 할 위험성이 존재한다. 특히 중장기전망에는 개인이 판단하기 어려운 거시경제변수들까지 고려해야하기 때문에 더 큰 어려움이 있다. 이러한 수급불안정현상을 해결하기 위해 정책을 수립하고 시행하려고 해도 정책의 파급효과에 관한 분석이 불가능하기 때문에 적절한 정책의 수립 및 시행에 한계가 있다. 따라서 굴 양식어가의 경영과 수급을 안정화하는 정책수립을 위해서는 대내외적 요인들을 모두 고려하여 합리적으로 중장기 수급지표를 추정할 수 있는 모형이 필요하다.

현재 굴을 대상으로 하는 계량경제학 기반의 수급전망모형은 두 가지가 존재한다. 첫째는 2014년 수산업관측사업을 통해 최초 구축된 월별 단기 수급전망모형이다. 이 모형은 수산업관측사업의 품목별 전망을 고도화하기 위해 구축하였으며 월별 수급전망치 도출에 초점을 맞춘 모형이다. 둘째는 2018~2019년에 걸쳐 구축한 수산업총량모형 「KMI-FOSiM」이다. 「KMI-

FOSIM<sub>J</sub>은 국내의 수산업·어촌에 대한 전망과 정책 시뮬레이션에 특화된 모형으로, 개별 품목의 지역별 생산 및 양식방법 등에 대한 세분화된 형태로 설계되어 있지 않다. 이들 모형으로는 굴의 중장기 수급지표를 정교하게 전망하는데 한계가 존재한다. 우선 단기수급전망모형은 월별 수급전망치를 도출하기 위한 것으로 중장기적인 수급전망과 시나리오분석에 한계가 있다. 월별 전망치를 12개월 이상 추정하여 중장기 전망을 할 수는 있으나 단기모형의 특성상 중장기 예측치는 신뢰성이 낮을 수 밖에 없다. 다음으로 수산업총량모형의 경우에는 굴 중장기 전망이 가능한 구조로 설계되어 있지만 굴의 수급체계를 정교하게 반영하고 있지는 않다. 또한 굴은 주생산시기가 정해져있는 품목인 만큼 실제 양식현장에서는 여기에 대한 전망정보가 중요하나 여기전망이 가능한 모형은 구축되어 있지 않다.

이런 상황에서는 기존에 운용중인 수급전망모형의 한계를 극복하고 양식 굴의 특성과 수급체계가 반영된 중장기 전망이 가능한 모형이 필요하다. 중장기 수급전망모형 구축에는 분석에 필요한 자료들이 충분한 시계열 길이를 가지고 있는지도 중요한데 굴 수급관련 자료는 2008년 관측사업에 도입된 이후 지속적으로 축적되고 있다. 즉, 10개 이상의 어기를 분석할 수 있을 정도이므로 중장기 수급전망모형구축을 시도해 볼 수 있다. 이에 본 연구에서는 1년 이상의 연산별 굴 수급지표 전망이 가능한 굴 중장기 수급전망모형을 구축하고자 한다.

## 2. 연구 목적

본 연구의 목적은 굴 양식어업에 대한 단기수급전망모형의 한계를 극복하고 중장기 수급전망 및 지표로 활용가능한 수급전망모형을 구축하는 것이다. 또한 굴 양식 관련 정부의 정책에 따른 수급지표 변화를 확인 할 수

---

있는 시뮬레이션 기능을 추가 하고자한다. 따라서 전망자료가 직접적으로 수급관련 정책에 참고자료로 활용될 수 있도록 정교한 전망치를 도출할 수 있는 현실설명력 높은 모형 구축이 필요하다. 세부적으로 우선, 경제학 이론 기반의 모형을 구축하고자 한다. 수급전망치가 경제학 이론에서 벗어날 때 모형자체의 신뢰성도 낮아질 것이며, 전망치에 대한 근거가 약하기 때문에 경제학 이론에 기초한 모형구축이 필요하다.

둘째로 실제 굴 양식어업의 수급과 관련된 요인들을 모형에 반영하고자 한다. 경제학적 이론에 근거한 모형이더라도 현실설명력이 부족한 모형은 그 산업의 특성을 제대로 반영하지 못하기 때문에 굴 양식현장에서 실질적으로 영향을 미치는 요인들을 모형에 반영해야 한다. 이를 위해 시설량, 단수, 수출입 등 굴의 수급체계를 반영하여 현실설명력 높은 전망치를 도출하는 모형을 구축하고자 한다.

셋째로 시뮬레이션 기능을 강화하여 모형의 정책적 활용도를 제고하고자 한다. 시설량의 변화, 수출량의 증감, 급작스러운 작황부진 등 다양한 상황들이 굴의 수급에 어떻게 영향을 미치고 그에 따른 파급효과를 분석하여 정책적 대응방안 마련을 위한 기초자료로 활용할 수 있게 한다.



## 제2절 연구 내용과 방법

### 1. 연구 내용

굴 중장기 수급전망모형은 양식 굴을 대상으로 수급전망이 가능한 부분 균형모형으로 설계하였다. 거시경제지표 등 대외변수들은 외생변수로 처리하여 주어진 것으로 설계하였으나 이들 외생변수의 변동으로 인한 영향력은 모형에서 반영할 수 있는 형태로 구성하였다.

본 연구에서 구축한 모형으로 전망하고자 하는 주요지표는 굴의 연산생산량, 수출량, 도매가격이다. 생산량은 시설량에 단수를 이용하게 되고, 산지가격은 도매가격을 이용하여 연계함수의 형태로 도출이 된다. 따라서 최종적으로 필요한 방정식은 시설량, 단수, 수출량, 도매가격, 산지가격 등이다. 여기서 균형가격을 도출하는 방식은 축차형 방식과 동시균형 방식을 검토하여 굴에 더 적합한 방식을 적용하고자 한다.

주요지표를 추정하는 방정식의 현실설명력을 높이기 위해 굴 양식업의 특성과 수급체계에 대해 우선 분석하였으며, 경제학적 설명력을 높이기 위해서는 개별방정식의 결과에 대해서 예측력을 추가로 검증한다. 또한 정책적 활용도를 높이기 위해 시나리오 분석관련 기능을 추가하고 일부 시나리오를 직접 설정하여 외부충격이 발생할 때 수급이 어떻게 변하는지를 분석하였다.

본 연구를 통해 굴 중장기 수급전망모형이 구축되더라도 지속적인 유지보수를 통해 모형을 발전시켜야하기 때문에 본 모형의 한계점과 향후 모형의 고도화를 위한 발전방안에 대해서도 제시하고자 한다.

각 장의 연구 내용을 살펴보면, 제1장에서는 굴 중장기 수급전망모형 개발의 배경 및 필요성, 목적을 제시하였고, 모형 구축을 위한 방법과 수급전망

---

모형 관련 선행연구들을 검토하였다. 제2장에서는 굴의 양식 현황 및 수급 동향에 대해 파악하였다. 굴 양식어업의 특성을 반영한 모형구축을 위해 종자부터 수출입까지 전체 양식과정을 살펴보았으며, 생산, 가격, 수출입 등 수급관련 자료들을 분석하였다. 분석을 통해 모형에 반영되어야 하는 부분들은 시사점으로 도출하였다. 제3장에서는 제2장에서 도출된 시사점을 바탕으로 이용 가능한 변수들을 수집하여 DB를 구축하였으며, 수집된 자료를 바탕으로 개별방정식들을 설정하였다. 앞에서 설정된 개별방정식을 바탕으로 현재 구축가능한 모형의 구조도를 최종적으로 설정하였다. 제4장에서는 제3장에서 설정된 개별방정식을 직접 추정하여 그 결과를 제시하고 주요 개별방정식의 예측력을 검정하였다. 제5장에서는 구축된 모형을 이용하여 2023년산부터 2025년산까지 굴의 중장기 수급전망치를 도출하였다. 또한 시설량 감소, 환율 변동, 수온 상승 등의 시나리오를 설정하여 시나리오별 파급효과를 분석하고 제시하였다. 제6장에서는 본 연구의 주요 결과를 요약하고 한계점을 제시하였으며, 모형의 고도화 및 한계점 개선을 위한 향후 과제 및 발전방안에 대해서 추가적으로 제안하였다.

## 2. 연구 방법

본 연구의 추진방법은 첫째, 수산업 및 농업 부문에서 구축한 수급전망 모형에 관한 주요 선행연구들을 검토하였다. 특히 품목별 전망모형의 경우에는 월 단위의 단기 전망모형뿐만 아니라 1년 이상의 중장기 전망모형에 관한 연구까지 확인하였다.

둘째, 굴 양식업에 대한 현실 설명력이 높은 전망모형 설계를 위해 굴의 수급 동향 및 양식업의 특성을 분석하였다. 굴의 종자부터 채묘, 양성방법 등 굴 양식어업의 현황을 파악하고, 굴의 생산, 가격, 수출 등 수급 동향을

심도 깊게 연구하였다. 이러한 내용을 바탕으로 굴 증장기 수급전망모형 구축에 반드시 반영해야 하는 부분과 반영이 힘들더라도 향후 발전방안 등을 시사점으로 도출하였다.

셋째, 기상요인을 고려한 단위당생산량 함수 설계를 위해 전문가를 대상으로 자문을 추진하였다. 기존 굴 수급전망모형에서 단수 함수는 표본어가 설문결과와 비만도와 성장도 등을 이용하는 등 자료의 한계가 있었다. 이를 보완하기 위해 국립수산물과학원 등과 자문회의를 추진하였으며 그 결과 단수 함수에서 고려해야 할 변수들과 영향력 정도에 대한 부분을 확인하여 이용 가능한 데이터는 최대한 활용하였다.

넷째, 시설량, 가격, 수출량 등 개별방정식 추정은 문헌조사, 전문가 자문을 기초로 변수들을 선정하고, 데이터 분석기법으로는 통상최소제곱법(OLS; Ordinary Least Squares) 및 패널분석 등을 이용하여 추정하였다. 모형의 예측력은 Theil의 불균등계수(Theil's U1: Theil's inequality coefficient), RMSPE(Root Mean Squared Percent Error), MAPE(Mean Absolute Percent Error), 등을 통해 검정하였다. 개별방정식 추정의 경우 변수들을 통합하여 추정하는 것보다 세분화하여 추정하는 것이 바람직하다. 가령 생산 금액을 추정할 때 생산금액 자체를 추정하는 것이 아닌 생산량과 가격을 각각 추정하여 두 변수를 곱하여 생산금액을 추정하는 방식으로 하는 것이다. 이렇게 방정식을 세분화해야 미래에 어떤 변수의 변화로 인해 생산금액이 변화했는지 알 수 있기 때문이다.

통상최소제곱법은 일반적으로 자료들 사이의 관계를 추정하는데 사용되며, 결과가 직관적으로 도출되는 장점이 있다. 따라서 변수들 사이의 관계를 파악하고 그에 따른 계수를 도출하는 개별방정식 추정에 가장 적합한 분석방법이다. 패널분석은 횡단면과 시계열 두 가지 성격을 모두 가진 자료를 분석하는 경우에 이용한다. 특히 시간에 따라 변하지 않는 개체들의

특성을 모형에서 고려할 수 있는 장점이 있다<sup>2)</sup>. 굴은 주로 경남, 전남에서 생산되는데 경남과 전남이라는 지역은 시간에 따라 변하지 않는 특성을 가지고 있으므로 시설량과 단수 추정 시 해당 지역이 가진 특성을 추정할 수 있게 한다. 최종적인 모형의 추정 결과는 연립방정식 형태로 엑셀 스프레드시트에 구축하였으며, 시설량의 변화나 수출환경 변화 등에 대한 시뮬레이션 기능을 추가하였다.

〈표 1-1〉 연구 방법

구분	세부 내용
국내외 문헌 조사	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 국내외 수급전망모형의 구조 및 분석방법 검토</li> <li>• 양식 굴 수급 구조 분석</li> </ul>
통계 자료 분석	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 투입요소, 거시경제, 생산, 수출입, 소비 등 수급 관련 DB 수집</li> </ul>
전문가 자문회의	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 양식 굴 생산 및 유통 구조 관련 자문</li> <li>• 굴 성장관련 요인 자문(수온 최우선 고려)</li> <li>• 모형 구조 설정, 추정방법, 구축방법 자문</li> </ul>
개별방정식 추정	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 세분화 된 방정식 추정으로 활용성 증대</li> <li>• 통상최소제곱법 : 직관적, 변수들 관계 파악에 장점</li> <li>• 패널분석 : 지역별 특성 고려한 분석 가능</li> <li>• 엑셀 시뮬레이션 구축(연립방정식 구조)</li> </ul>
모형 예측력 검증	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Theil의 불균등 계수, RMSPE, MAPE 검증</li> </ul>
정책 시나리오 분석	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 시설량, 환율, 수온 시나리오 설정</li> </ul>

자료: 저자 작성

2) 민인식·최필선(2013)를 참고하여 작성하였다.

## 제3절 선행연구 검토

### 1. 선행연구

수급전망모형과 관련된 선행연구들은 다양한 분야에서 진행되고 있으나 본 연구와 가장 밀접한 연관이 있는 1차 산업을 중심으로 농·축산 부문과 수산부문에 나누어 선행연구를 검토해 보았다 이는 각 품목들의 수급구조가 유사한 측면이 많으며 생산부문이 일반 공산품과 달리 자연 및 환경 요인이나 생물학적 요인에 큰 영향을 받는 공통점이 존재하기 때문이다.

#### 1) 농업분야

농업분야에서 수급전망모형과 관련된 연구는 주로 한국농촌연구원(KREI; Korea Rural Economic Institute)의 관측사업과 관련하여 수행되었다. 농업부분 전체의 수급전망이 가능한 총량모형관련 연구와 함께 개별품목의 수급전망 고도화를 위한 품목모형 관련 연구도 이루어졌다.

농업분야에서는 총량모형 외에도 개별 관측품목을 대상으로 다양한 수급전망모형을 구축하고 이를 고도화하기 위한 연구를 지속적으로 수행하였다. 특히 한석호 외(2011)에서는 쌀, 배추, 콩을 대상으로 기상요인을 고려한 단수예측모형개발 연구를 하였다. 농산물의 생육에 기온 등의 기상요인을 설명변수로 추가하여 단수 함수를 추정하였는데 이를 위해서는 기상요인이 농산물의 생육에 미치는 영향이 명확해야 하며 적절한 성장환경과 관련된 연구결과가 동반되어야 모형에서 이를 반영할 수 있다. 따라서 모든 기상요인을 고려하지는 못하였지만 품목의 생육과 관련한 주요 기상요인들을 고려해 보았다는 점에 의의가 있다.

〈표 1-2〉 농업분야 주요 선행연구

구분	연구목적	연구방법	주요 연구내용
1	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 과제명: 주요 채소·과일의 수급 함수 추정, 농업관측 품목모형 KREI-COMO 2005 개발·운용</li> <li>• 연구자(연도): 김명환 외 (2000), 이용선·심승보(2006)</li> <li>• 연구목적: 농업관측사업 대상 품목의 수급 분석을 위해 품목 모형인 KREI-COMO 개발 및 모형 개선</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 선행연구 검토</li> <li>• 계량경제분석 (OLS, COI, WLS, PDL, 2SLS 등)</li> </ul>	<p>〈2000년 연구〉</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 재배면적반응함수</li> <li>• 가격신축성함수</li> <li>• 수요함수 추정</li> </ul> <p>〈2006년 연구〉</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• KREI-COMO 2005 개발 및 개선</li> <li>• 신규 품목 확대</li> <li>• 부류별 특성에 맞는 모형 설정 (채소류: 재배면적반응함수, 과일류: 유목·성목면적반응함수)</li> </ul>
2	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 과제명: 배추 계절별 수급모형 개발, 배추·무 예측모형 고도화 방안</li> <li>• 연구자(연도): 김연중 외 (2006), 박지연·박영구(2013)</li> <li>• 연구목적: 계절별 배추·무 수급 모형 구축 및 개선</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 선행연구 검토</li> <li>• 통계분석</li> <li>• 계량경제분석</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 배추·무 수급 및 가공현황 및 통계 특징 분석</li> <li>• 모형구조 및 이용변수 설명</li> <li>• 작형별 재배면적반응함수, 단위 함수, 가격신축성함수, 수출입함수 등 추정</li> </ul>
3	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 과제명: 기상요인을 고려한 단위예측모형 개발 연구</li> <li>• 연구자(연도): 한석호 외(2011)</li> <li>• 연구목적: 기상요인에 따른 단위 변화 예측모형 개발</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 선행연구 검토</li> <li>• 계량경제학 이론 설명</li> <li>• 계량경제분석</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 쌀·고령지배추·콩의 생육과 기상 여건 분석</li> <li>• 품목별 단위예측모형 추정</li> <li>• 기상 시나리오 분석을 통한 단위 예측</li> </ul>
4	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 과제명: FAPRI-MU Stochastic U.S. Crop Model Documentation</li> <li>• 연구자(연도): Gerlt et al. (2019)</li> <li>• 연구목적: 2019년 미국 곡물 수급 전망을 위한 FAPRI-MU 갱신</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 통계분석</li> <li>• 확률적 추정</li> <li>• 동태적 부분균형 모형을 이용한 시뮬레이션 분석</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• FAPRI-MU 곡물 모형 관련 이론적 설명</li> <li>• 모형 구조, 이용변수 및 개별방정식 추정 결과 제시</li> </ul>
5	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 과제명: The FAPRI Global Modelling System and Outlook Process</li> <li>• 연구자(연도): Meyers, Binfield, &amp; Westhoff. (2010)</li> <li>• 연구목적: FAPRI 모형 설명 및 모형의 신뢰성 제고</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 통계분석</li> <li>• 동태적 부분균형모형을 이용한 전망치 도출 및 시나리오 분석 결과 제시 (국내/국제)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• FAPRI 모형 역사 및 구조 설명 (변수 및 범위)</li> <li>• 2009년 모형의 베이스라인 제시 (기준 전망치)</li> <li>• 국내 및 국제 시나리오 분석</li> </ul>

자료: 저자 작성

## 2) 수산분야

수산분야의 수급전망모형 관련 연구들 역시 관측사업과 관련하여 수행되어오고 있으나 농업분야에 비해서는 비교적 늦게 관련 연구가 시작되었다. 품목별 수급전망모형 관련 연구는 2014년에 KMI 수산업관측센터에서 부산대학교, 제주대학교와의 공동연구를 통해 김, 넙치, 전복, 조피볼락, 굴, 미역, 송어 등 양식품목들을 대상으로 수행하였다. 이후로는 연도별·품목별로 유지보수연구와 개편연구를 수행하고 있다.

2021년에는 2015년 구축된 굴 수급전망모형을 개편하기 위한 연구가 진행되었다. 기존모형에서는 해당연산의 전체 생산량을 추정하여 월별로 재분배하는 방식으로 월별생산량을 추정하였으나 분배과정에서 편의가 발생하여 예측력이 떨어지는 한계가 있었다. 또한 모형구축 이후 굴 수출관련 HS코드에 변경이 있었으나 현재 모형에서는 이를 반영하지 못해 수출량 추정에도 어려움이 있었다. 따라서 신규 개편된 모형에서는 월별로 생산량을 추정하는 방식으로 개편하였으며, 수출 굴의 HS코드 변경을 반영하여 수출 함수를 고도화하였다.

〈표 1-3〉 수산분야 주요 선행연구

구분	연구목적	연구방법	주요 연구내용
1	<ul style="list-style-type: none"> <li>과제명: 수산부문 총량모형 구축을 위한 기초적 연구, 수산부문 전망을 위한 총량모형의 구축</li> <li>연구자(연도): 홍현표 외 (2003, 2004)</li> <li>연구목적: 수산부문 최초로 전망 및 정책분석을 수행하기 위한 총량모형의 개발</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>이론적 근거 제시</li> <li>계량경제 분석</li> <li>수산분야 및 거시계량 분야 전문가 토론회 자료문</li> </ul>	<p>〈2003년 기초연구〉</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>수산부문 총량모형 접근방법</li> <li>수산경제시스템의 이론적 연구</li> <li>수산물 수급부문별 실태 분석</li> <li>수급부문별 모형의 실증 분석</li> </ul> <p>〈2004년 연구〉</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>수산부문 총량모형의 구성</li> <li>자료의 특성</li> <li>부문별 개별방정식모형 추정 결과</li> <li>수산부문 총량모형 추정 및 결과</li> </ul>

구분	연구목적	연구방법	주요 연구내용
2	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 과제명: 김 수급전망모형 운용 개편 연구</li> <li>• 연구자(연도): 이현동 외 (2019)</li> <li>• 연구목적: KMI 수산업관측센터 김 단기수급모형 운용체계 개편</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 선행연구 검토</li> <li>• 기존 모형의 개선 사항 도출</li> <li>• 계량경제 분석</li> <li>• 추정 결과의 예측력 검증</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 2019 Gim-DSFM의 구축</li> <li>• 2019 Gim-DSFM의 추정 결과 (시설량, 단수, 가격모형 등) 제시 및 예측력 검증</li> <li>• 향후 보완사항 및 과제</li> </ul>
3	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 과제명: 김 중기 수급전망모형 「Gim-MFoS」 구축 연구</li> <li>• 연구자(연도): 허수진 외(2020)</li> <li>• 연구목적: 김 연산별 중기 전망 및 다양한 정책 시나리오 파급 효과 분석 가능 모형 구축</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 선행연구 검토</li> <li>• 김 양식업 동향 및 통계자료 검토</li> <li>• 계량경제분석</li> <li>• 엑셀 기반 연립방정식체계 구축</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 2020 「Gim-MFoS」 구축</li> <li>• 추정 결과(지역별 단수, 시설량, 가격, 수출모형, 재고모형 등) 제시 및 예측력 검증</li> <li>• 5개년 로드맵</li> <li>• 결론 및 향후 과제</li> </ul>
4	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 과제명: 주요양식어류 수급전망 고도화를 위한 모형구축 연구</li> <li>• 연구자(연도): 허수진 외 (2021)</li> <li>• 연구목적: 주요 양식어류 (광어, 우럭, 참돔, 송어)의 중 장기 수급 전망 및 다양한 정책 시나리오 파급효과 분석 가능 모형 구축</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 선행연구 검토</li> <li>• 양식어류 동향 및 통계자료 검토</li> <li>• 계량경제분석</li> <li>• 엑셀 기반 연립방정식체계 구축</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 주요 양식어류 중기 수급전망 모형 구축</li> <li>• 추정 결과(입식량, 양성물량, 가격, 수출입모형, 수요함수 등) 제시 및 예측력 검증</li> <li>• 5개년 로드맵</li> <li>• 결론 및 향후 과제</li> </ul>

자료: 저자 작성

## 2. 선행연구와의 차별성

선행연구들과 본 연구의 차별성으로는 첫째, 수산분야에서는 거의 고려하지 않았던 기상요인(수온 등)을 직접 독립변수로 투입하여 이차함수 형태의 단수 함수를 구축하고자 하는 점을 들 수 있다. 수산분야에서 가장 보편적으로 구축하는 계량경제학 기반의 수급전망모형에는 대부분 인간이 통제할 수 있는 사회과학관련 변수들을 주로 이용하였다. 그러나 굴의 생산량은 자연환경 의존도가 매우 높기 때문에 예측력 높은 추정치를 위해서는



생육환경과 관련된 기상요인들이 고려되어야 할 필요가 있다. 기존 선행연구들 중 일부 연구에서 기상요인을 변수로 이용하여 수산물 수급관련 변수를 예측한 경우가 있으나 대부분 선형 형태로 가정을 하였기 때문에 실제 기상요인과 수산물 성장사이의 관계를 반영하지는 못하였다. 따라서 본 연구에서는 굴의 적정 성장수온까지 고려하여 임계수온을 넘어가면 오히려 생산량이 감소하는 형태로 모형을 구축하고자 한다.

둘째, 굴의 특성에 맞는 모형구조를 설계하였다. 단순히 계량경제학적 접근방법에 따른 구조가 아닌 굴 양식어업의 특성을 고려하고 수급구조를 반영하여 구축하였다. 굴 중장기 수급전망은 「KMI-FOSiM」과 같은 수산업총량모형에서도 가능하지만 수산업 전체에 관한 전망을 하는 모형이므로 품목에 특화된 전망이 불가능하다. 따라서 굴 한 품목에 정책적으로도 활용 가능성이 높은 모형을 구축하였다.

셋째, 김, 굴, 미역 등 특정 어기가 있는 품목들은 회계연도(1~12월)가 아닌, 해당품목의 생산어기에 맞춘 연산별 전망모형이 필요하다. 현재 어기가 있는 품목 중에는 김이 유일하게 중기모형이 구축되어 있다. 그러나 패류에 해당하는 굴은 해조류인 김과 양식업의 특성과 수급구조가 다르기 때문에 굴의 어기를 전망하고 정책적인 효과를 분석할 수 있는 모형을 구축하여 굴 양식어업의 중장기적인 수급정책의 기초자료로 활용할 수 있을 것이다.

본 연구는 수산부문에서 시도되지 않았던 기상요인을 직접적으로 고려한 단수전망모형 구축을 시도하고 굴의 생태적 특성을 고려한 정책적 활용도 높고 합리적인 전망치 추정이 가능한 중장기 수급전망모형을 구축한다는 점에 의의가 있다.



## 02

# 굴 양식 현황 및 수급 동향

### 제1절 굴 양식업 개요

#### 1. 굴 양식 면허 현황

우리나라 굴 양식은 양식산업발전법 제10조에 따라 패류 양식업의 면허 취득을 통해 이루어진다. 굴 양식 면허는 크게 수하식과 바닥식으로 나누어지는데, 남해안 굴 양식어가의 대다수가 연승수하식<sup>3)</sup> 방법을 통해 굴을 대량 생산하고 있어 수하식 면허가 전체의 약 80%로 높은 비율을 차지하고 있다.

〈표 2-1〉 굴 양식 면허별 양식 방법 분류

구분	수하식 면허	바닥식 면허
양식 방법	• 연승식	• 살포식
	• 간이식 - 수하연식, 수평망식, 수평끈식	• 투석식
	• 뗏목식	• 침하식

자료: 박미선 외(2016), pp.76-93.

3) 연승수하식은 해저에 고정된 말목 또는 닻을 부이를 단 연승줄과 연결하여 고정한 후 이 줄에 수하연을 매달아 굴을 양성하는 방법이다.

연도별 굴 양식 면허건수를 살펴보면, 2017년 1,292건에서 2021년에는 전체 1,277건으로 소폭 감소한 것으로 나타났다. 이는 수하식 면허는 매년 증감을 보였던 반면, 바닥식 면허는 연평균 4.9%의 감소율을 보였기 때문이다.

〈표 2-2〉 연도별 굴 양식 면허 건수

단위: 건

구분	2017년	2018년	2019년	2020년	2021년
전체	1,292	1,288	1,297	1,284	1,277
수하식	1,071	1,095	1,108	1,100	1,096
바닥식	221	193	189	184	181

자료: 국가통계포털(검색일: 2022. 5.18)

2021년 기준 굴 양식면허 건수를 지역별로 살펴보면 경남의 면허가 전체 면허의 62.4%인 797건을 차지했으며, 이어 전남이 333건(26.1%), 충남(9.4%), 인천(2.0%)순이었다. 경남도의 굴 양식 면허의 대부분이 수하식이었으며, 전남 및 충남의 수하식 면허는 전체의 2/3가량을 차지하였다.

〈표 2-3〉 지역별 굴 양식 면허 건수(2021년 기준)

단위: 건

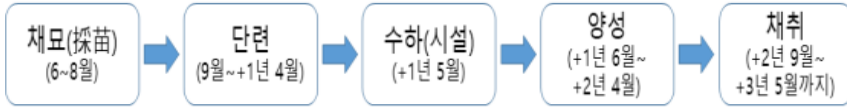
구분	경남	전남	충남	인천시	전북
전체	797	333	120	26	1
수하식	788	221	80	7	0
바닥식	9	112	40	19	1

자료: 국가통계포털(검색일: 2022. 5.18)

## 2. 굴 양식 과정

남해안의 대표적인 굴 양식 방법인 연승수하식을 기준으로 굴 양식은 크게 채묘, 단련, 수하, 양성, 채취 순으로 5단계의 과정을 거치며 이루어진다.

〈그림 2-1〉 굴 양식 순기



자료: 굴수하식수협 홈페이지(검색일: 2022.5.19.)

## 1) 채묘

굴 양식을 위해서는 먼저 종자를 확보하여야 한다. 국내 굴 양식에 공급 되는 굴 종자는 인공산과 자연산으로 나눌 수 있는데, 현재는 자연산의 생산 비중이 80% 이상을 차지한다.

자연산 종자는 계절에 따른 해수의 온도 변화로 인해 어미굴이 산란하면서 자연적으로 생산되는데, 이로 인해 종자의 생산량 및 품질이 수온, 강수, 염분 등 해양 환경에 따라 변동폭이 크게 나타나는 것이 특징이다. 그럼에도 불구하고 낮은 비용으로 종자의 대량 확보가 가능한 것이 이점이다. 자연산 굴 종자를 확보하기 위해서는 가장 먼저 산란 시기에 맞추어 해수 내 존재 하는 굴 유생을 채집하는 채묘 작업이 이루어져야 한다.

산란기를 맞이한 굴이 정자와 난자를 방출하면 수정이 이루어지며, 이후 2주 정도가 지나면 유생의 기관들이 발달하면서 부착 가능하다. 이 시기 내 유생을 패각에 부착시켜 종자를 확보하는 과정이 채묘이다. 대량 채묘 를 위해 굴 또는 가리비 패각 중앙에 구멍을 내어 줄에 꿰 채묘연을 사전에 준비하며, 한 줄당 약 60~80개의 패각이 필요한 것으로 나타났다. 일부 지역 에서는 패각 세척 및 조립이 완성된 형태로 중국으로부터 채묘연을 대량 수입하여 사용하고 있다.

자연산 종자는 단시간 내 대량 채묘가 실시되어야 하기 때문에, 채묘 시기와 위치를 정확히 파악하는 것이 중요하다. 따라서, 굴 수하식 수협 및 관련 지자체가 유생 속보 제공 등 채묘 예보를 실시하며, 환경에 따라

〈그림 2-2〉 채묘연 및 채묘 작업



자료: 저자 작성

채묘연을 수중에 투입하거나 채묘장 시설을 이용해 자연적으로 부착시키며 채묘를 진행한다.

반면 인공 종자는 육상배양장 내 어미굴의 산란을 유도하여 자연 종자와 같은 과정을 통해 채묘가 이루어지며, 외부 환경 변화를 차단함으로써 비교적 안정적으로 고품질의 종자를 생산할 수 있다. 그러나 생산 가능 물량이 제한적이며 자연종자에 비해 비용이 많이 든다.

국내 남해안 굴 자연산 채묘는 하동, 남해지역이 6월 초로 가장 먼저 시작되며 통영, 고성이 7월, 부산 가덕이 8월경 실시된다. 지역별 수심 차이로 인해 해수온 상승 속도가 달라지면서 모패의 산란시기가 동쪽지역이 늦게 나타나는 것으로 파악된다.

## 2) 단련

유생이 부착된 채묘연은 수하연으로 조립되어 당해연도 생산을 목표로 바로 본 수하되거나, 다음해 생산을 위해 인위적으로 성장을 억제하는 단련 과정을 거친다. 단련은 채묘연에 부착된 치패가 5mm 이하로 채묘

시작 후 1~3주가 경과한 시점에 이루어지는데, 고정된 단련상으로 채묘연을 이동하여 약 6~8개월 동안 조수간만의 차로 공기 중에 노출시키는 과정을 반복한다. 이 과정을 통해 처음 부착된 치패의 절반 정도인 20~30개가 살아남게 되며, 본 양성시 성장과 비만도를 높일 수 있을 뿐만 아니라 환경에 대한 저항성을 높여 폐사율을 낮출 수 있는 장점을 가진다.

국내 대표적인 굴 종자 단련장은 남해 강진만, 통영 도산만, 부산 가덕 놀차만에 위치해 있다. 지역별로 살펴보면, 남해 강진만은 7월초부터 3월까지 단련이 이루어지며 대부분 여수 등의 전남지역 내 판매되며, 일부는 자가 입식용으로 사용된다. 통영 도산만의 경우, 7월 중순부터 4월까지 단련을 거치며, 대부분 통영지역 내 자가 입식용으로 사용된다. 마지막으로 부산 가덕 놀차만은 굴 종자 대규모 단련장이 형성된 곳으로 가장 늦은 8월 중순부터 5월 초순까지 단련이 이루어지며, 타 지역과는 달리 판매를 주 목적으로 하고 있다. 특히, 어가 요구에 맞추어 수하연을 재조립하여 판매하기 때문에 타지역에 비해 굴 양식어가의 종자 구매 선호도가 높은 편이며, 가격 또한 상대적으로 소폭 높게 형성되고 있다.

〈그림 2-3〉 단련장



자료: 저자 작성

〈표 2-4〉 국내 굴 종자 단련장 현황

구분	세부지역	단련시기	사용지역	목적
남해	강진만	7월 초~3월	여수 등 전남	판매용, 일부 자가 입식용
통영	도산만	7월 중~4월	통영	대부분 자가 입식용
부산	가덕 놀차만	8월 중~5월 초	통영, 거제, 고성, 일부 전남지역	대부분 판매용

자료: 한국해양수산개발원(2021)

한편, 최근 5년(2016~2020년) 생산되었던 굴 종자는 연간 약 2,685만 연으로 추정되었으며, 이 중 80%가 단련산인 것으로 나타났다. 생산어가들의 단련산 수요가 매우 높으며, 굴 양식에서 단련은 필수적인 과정임을 알 수 있다.

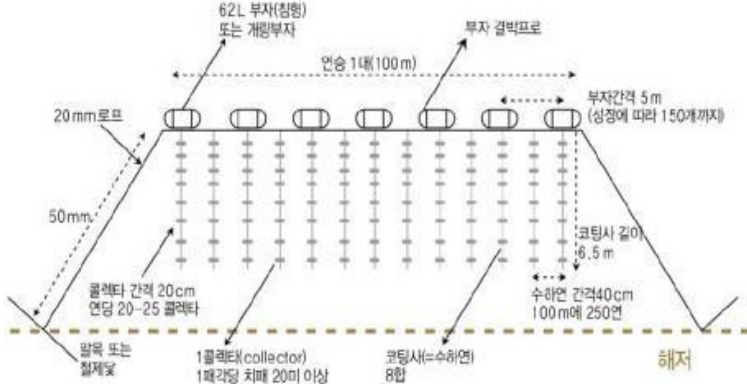
### 3) 수하

앞선 과정을 통해 생산된 종자는 굴 생산어가로 이동한 후 어장 내 연승줄에 매달리는데 이를 수하라고 한다. 이에 앞서 채묘연에서 수하연으로 패각의 개수 및 간격을 조정하는 작업을 거치는데, 이는 굴 밀집도를 낮추어 굴의 섭이 작용을 원활하게 하기 위한 사전 작업이다.

연승수하식 굴 양식 방법은 수심 10~20m 해저에 말뚝 및 닻을 양쪽에 설치하여 로프로 연승줄을 연결하여 이를 고정하여, 이 줄에 수하연을 매달아 설치하여 굴을 양성하는 것이다. 양식장의 면적 및 형태에 따라 연승줄은 100~200m 길이로 시설되며 일정 수심 깊이를 유지하기 위하여 부이를 함께 설치한다. 통영 굴 양식어가를 기준으로, 200m 연승 1대당 시설되는 수하연수는 약 450개 정도이며, 수하연의 길이는 약 5m, 수하연당 간격은 약 40cm인 것으로 나타났다.



〈그림 2-4〉 굴 연승수하식 양식시설 모식도



자료: 박미선 외(2016), pp.76-93

#### 4) 양성 및 채취

수하 이후 일정 기간 동안 굴을 성장시키는 것을 양성이라고 하며, 주기적으로 비만도 및 병해 등의 양성상태를 확인하여야 한다. 필요시에는 수심 조절 및 해적생물(부착생물) 제거 등 작업을 진행한다.

주요 양성기간은 여름으로 태풍, 장마 등의 자연재해, 최근에는 고수온, 빈산소수괴 등과 같은 이상해황과 같이 양식장의 급격한 환경 변화에 따른

〈그림 2-5〉 양성중인 굴



자료: 굴수하식수협 홈페이지(검색일: 2022.5.19)

---

폐사 피해가 급증하고 있다. 이 뿐만 아니라 생식소의 성숙과 산란에 따른 대량 폐사 등도 발생할 수 있다.

일정한 양성기간을 거치면 최종적으로 굴을 채취한다. 특히 연승수하식 방법은 연승의 길이가 길고 무게가 상당하기 때문에 인력으로 작업하기에 노동 강도가 높으며, 최근에는 굴 채취기를 통해 주로 작업하고 있다. 이후 육상으로 이동하여 껍데기를 제거하는 박신 과정을 거치거나 각굴로 판매한다. 한편, 굴의 판매 형태 및 취식 목적<sup>4)</sup>에 따라 채취 시기는 달라질 수 있으나 10월경부터 출하가 이루어지고 있다.

〈그림 2-6〉 채취작업 중인 어민



자료: 굴수하식수협 홈페이지(검색일: 2022.5.19)

---

4) 김장용 알굴의 출하 시기는 10~12월 초에 집중되며 생굴용은 12~3월에, 가공용은 3~5월에 집중된다.

## 제2절 굴 수급 동향

### 1. 생산 동향

#### 1) 굴 시설량

국내 굴 양식 시설량의 경우 최근 10년간 2,000~2,500만 연 사이에서 증감을 반복하고 있다<sup>5)</sup>. 최근 5년간 2021년산까지 패류 면허 내 가리비 전환 등으로 굴 시설량은 감소 추세를 보였다. 2022년산 굴 시설량의 경우 2,290만 연으로 추정되었으며, 2021년산에 비해 5.9% 시설량이 늘었다. 이는 전년산 굴 가격 강세 및 기타 패류의 소비 감소 등으로 인해 패류 면허 내 굴 양식으로의 품목 전환이 늘어났기 때문이다.

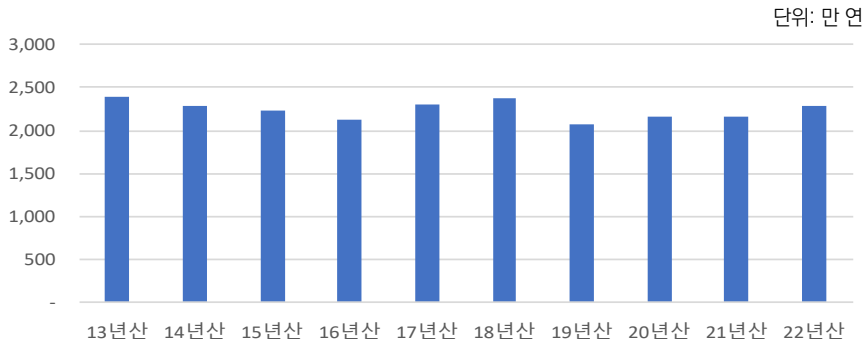
〈표 2-5〉 연산별 굴 시설량

단위: 만 연

구분	2018년산	2019년산	2020년산	2021년산	2022년산
전국	2,383	2,080	2,156	2,162	2,290

자료: 한국해양수산개발원 수산업관측센터(2018~2022), 굴 수산물관측, 9월호.

〈그림 2-7〉 연도별 굴 시설량 추이



자료: 한국해양수산개발원 수산업관측센터(2013~2022), 굴 수산물관측, 각 9월호

5) 시설량은 초기 시설량 기준으로 수하연 길이를 5m로 환산하여 표준화하여 산출하였다.

지역별로 살펴보면, 2022년산 기준 경남지역 굴 시설량은 1,756만 연으로 전체 시설량의 76.7%로 높은 비중을 차지했다. 이어 전남(20.7%), 기타(2.6%) 순으로 나타났다.

〈표 2-6〉 연산별 · 지역별 굴 시설량

단위: 만 연, %

구분	2018년산	2019년산	2020년산	2021년산	2022년산
경남	1,829	1,568	1,625	1,629	1,756
	(76.8)	(75.4)	(78.1)	(75.3)	(76.7)
전남	474	436	467	479	475
	(19.9)	(21.0)	(22.5)	(22.2)	(20.7)
기타	80	76	64	54	59
	(3.4)	(3.7)	(3.1)	(2.5)	(2.6)

주: 1) 기타지역은 충남, 강원, 경기, 인천임

2) ( )는 전국 굴 초기시설량 대비 비중을 나타냄

자료: 한국해양수산개발원 수산업관측센터(2018~2022), 굴 수산물관측, 9월호

〈표 2-7〉 연산별 · 시설 종류별 굴 시설량

단위: 만 연, %

구분	2018년산	2019년산	2020년산	2021년산	2022년산
단련산	1,477	1,520	1,289	1,458	1,726
	(62.0)	(73.1)	(62.0)	(67.4)	(75.4)
비단련산	234	199	286	148	92
	(9.8)	(9.6)	(13.8)	(6.8)	(4.0)
인공종묘	434	289	541	523	388
	(18.2)	(13.9)	(26.0)	(24.2)	(16.9)
월하	238	71	40	33	84
	(10.0)	(3.4)	(1.9)	(1.5)	(3.7)

주: 1) 기타지역은 충남, 강원, 경기, 인천임

2) ( )는 전국 굴 초기시설량 대비 비중을 나타냄

자료: 한국해양수산개발원 수산업관측센터(2018~2022), 굴 수산물관측, 9월호

시설 종류별로 살펴보면, 2022년산 기준 단련산은 1,726만 연으로 전체 시설량의 75.4%를 차지했다. 이 외 인공종묘(16.9%), 비단련산(4.0%), 월하<sup>6)</sup>(3.7%)의 순이었다. 인공종묘와 비단련산은 전년산 대비 25.8%, 37.7% 감소한 반면, 단련산과 월하 시설은 각각 18.4%, 154.5% 증가했다. 특히, 월하의 경우, 잔여시설량이 많았던 2021년산의 영향으로 크게 늘어난 것으로 파악된다.

## 2) 굴 생산량

굴 시설량 추세와 같이, 굴 생산량은 3만 톤 내외의 증감을 반복하고 있으나 최근 5년 동안은 감소세를 보였다.

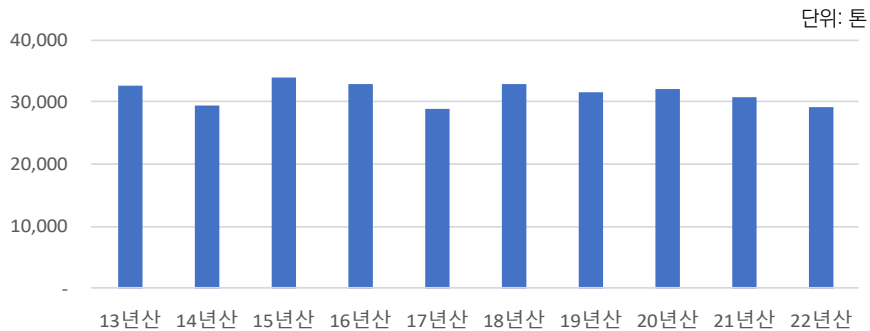
〈표 2-8〉 연산별 알굴 생산량

단위: 톤

구분	2018년산	2019년산	2020년산	2021년산	2022년산
전국	33,016	31,526	32,162	30,817	29,119

자료: 한국해양수산개발원 수산업관측센터(2018~2022), 굴 수산물관측, 각 호

〈그림 2-8〉 연도별 알굴 생산량 추이



자료: 한국해양수산개발원 수산업관측센터(2013~2022), 굴 수산물관측, 각 호

6) 월하는 해당 어기(9월~익년 5월)에 채취되지 않아 다음 해 여름을 넘긴 전년산 수하연을 의미한다.

2022년산 굴 생산량은 2만 9,119톤으로 최근 5년 내 가장 적은 수준이었으며, 전년산 및 평년 대비 각각 5.5%, 7.0% 적었다. 이는 초기시설량이 늘었는데도 어기 초 경남 지역 내 대량 폐사 발생으로 출하가능물량이 적었기 때문이다. 또한 양성상태 부진과 코로나19 등에 따른 박신 인력 부족으로 어기 내내 굴 공급이 원활하지 못했던 것으로 나타났다.

2022년산 기준 경남의 알굴 생산량은 2만 3,990톤이었으며, 전체 생산량의 82.4%를 차지했다. 어기 초 발생한 영양염류 부족 등에 따른 폐사 등의 영향으로 출하가능물량이 줄면서 전년산 비해 8.2% 감소했다. 이어 전남의 알굴 생산량은 전체의 16.1%인 4,693톤이었다. 전년산 대비 시설량 감소에도 불구하고 생산 양호 및 경남 지역 생산 부진에 따른 상대적 수요 증가 등으로 전년산보다 12.5% 생산량이 늘어났다.

〈표 2-9〉 연산별·지역별 알굴 생산량

단위: 톤

구분	2018년산	2019년산	2020년산	2021년산	2022년산
경남	27,090	25,789	27,550	26,120	23,990
전남	5,211	5,180	4,136	4,172	4,693
기타	715	557	476	526	436

주: 기타지역은 충남, 강원, 경기, 인천임

자료: 한국해양수산개발원 수산업관측센터(2018~2022), 굴 수산물관측, 각 호

## 2. 가격 동향

### 1) 산지가격

산지가격은 생산량 증감, 품질, 수요 등 다양한 요인에 의해 결정된다. 2022년산 알굴 평균 산지가격 kg당 9,325원으로 2021년산에 비해 16.7% 상승했으며, kg당 5,128원이었던 2013년산 대비 80% 이상 높은 가격이었다.

2013년산 대비 연평균 7%의 가파른 상승세를 보였으며, 최근 2년 동안에는 가격 상승폭이 더 확대되었다. 최근 양식 생산성 저하로 인해 굴 공급이 감소했을 뿐 아니라 인건비, 자재비, 유류비 등의 관련 제반 비용 상승에 기인한 것으로 보인다.

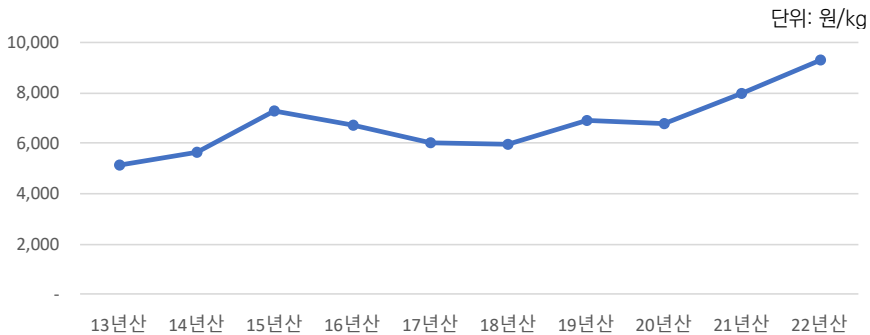
〈표 2-10〉 연산별 알굴 산지가격

단위: 원/kg

구분	2018년산	2019년산	2020년산	2021년산	2022년산
전국	5,946	6,876	6,807	7,993	9,325

자료: 굴수하식수협, 경남고성군수협, 여수수협 위판자료

〈그림 2-9〉 연도별 알굴 산지가격 추이



자료: 굴수하식수협, 경남고성군수협, 여수수협 위판자료

〈표 2-11〉 연산별 · 지역별 알굴 산지가격 추이

단위: 원/kg

구분	2018년산	2019년산	2020년산	2021년산	2022년산
통영	6,155	6,871	6,803	7,999	9,329
고성	5,870	7,043	6,785	7,869	9,431
여수	6,420	6,674	7,811	8,591	9,025

자료: 굴수하식수협, 경남고성군수협, 여수수협 위판자료

## 2) 도매가격

굴 도매가격 또한 산지가격과 비슷한 요인에 의해 변동된다. 노량진수산시장에서 거래된 연도별 굴 평균 도매가격은 산지가격과 비슷한 추세의 움직임을 보였으며, 2021년에는 전년 및 평년 대비 각각 5.8%, 22.9% 높은 kg당 10,150원에 거래되었다.

한국농수산식품유통공사(aT Kamis) 자료의 경우 전국의 주요 도매시장 내 중도매인 상회에서 소상인 및 실수요자에게 판매하는 가격을 나타내는 것으로, 경락가격을 나타내는 노량진도매시장과의 가격차가 존재하는 것으로 나타났다. 그러나 장기적인 추세를 살펴보면, 최근 5년간은 비슷한 흐름을 보이고 있으며, 2021년에는 전년 대비 12.9% 높은 kg당 13,003원에 가격이 형성되었다.

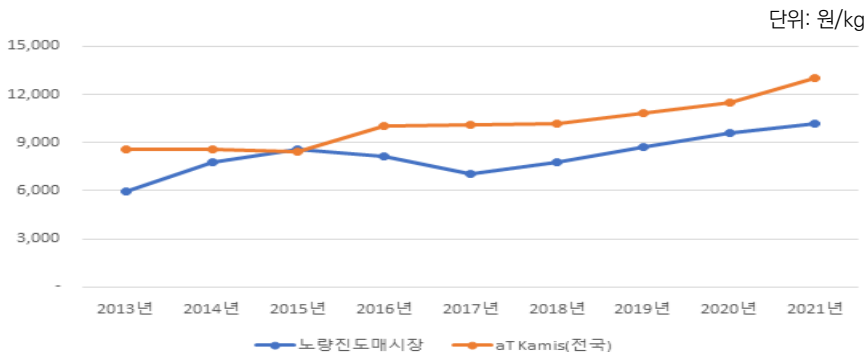
〈표 2-12〉 연산별 알굴 도매가격

단위: 원/kg

구분	2017년	2018년	2019년	2020년	2021년
노량진도매시장	7,046	7,774	8,763	9,594	10,150
aT Kamis(전국)	10,144	10,196	10,838	11,516	13,003

자료: 노량진수산물도매시장(검색일: 2022.5.19.); aT Kamis(검색일: 2022.5.19.)

〈그림 2-10〉 연도별 알굴 도매가격 추이



자료: 노량진수산물도매시장(검색일: 2022.5.19.); aT Kamis(검색일: 2022.5.19.)



### 3. 수출입 동향

#### 1) 수출 동향

굴 양식산업에서 수출은 전체 생산량의 1/3을 차지할 정도로 비중이 높은 편이다. 연도별로 굴 수출실적을 살펴보면, 수출량은 9천 톤에서 1만 1천 톤 내외로 증감을 반복하고 있으며, 수출금액은 6천만 달러 이상의 규모를 기록하고 있다.

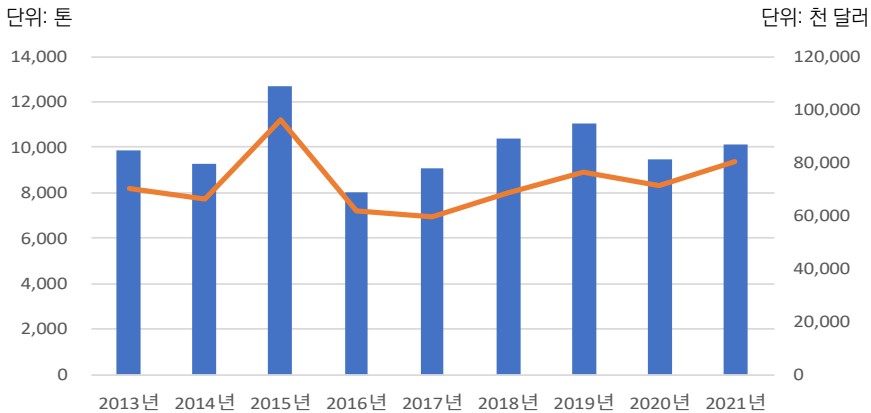
〈표 2-13〉 연도별 굴 수출실적

단위: 톤, 천 달러, 달러/kg

구분	2017년	2018년	2019년	2020년	2021년
수출량	9,071	10,423	11,018	9,457	10,127
수출금액	59,472	68,779	76,664	71,484	80,074
수출단가	6.6	6.6	7.0	7.6	7.9

자료: 한국무역통계진흥원(검색일: 2022.5.18.)

〈그림 2-11〉 연도별 굴 수출실적 추이

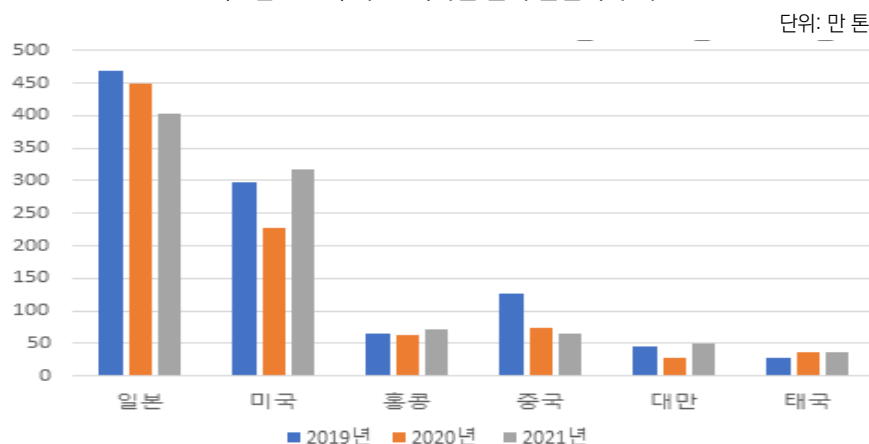


자료: 한국무역통계진흥원(검색일: 2022.5.18.)

2021년 굴 수출의 경우, 코로나19로 인해 수출 여건이 다소 원활하지 못했는데도, 통조림 등 가공제품에 대한 국외 수요가 크게 늘었다. 이로 인해 전년 및 평년 대비 각각 7.1%, 5.5% 늘어난 1만 127톤의 굴 제품이 수출되었으며, 수출금액 또한 전년 대비 12.0% 늘어난 8,075만 달러였다. 물량 증가와 더불어 신선냉장품을 제외한 수출제품의 수출단가 대부분 상승하면서 물량 증가폭에 비해 금액 증가폭이 확대된 것으로 나타났다.

우리나라의 굴 주요 수출 대상국은 일본, 미국, 홍콩, 중국, 대만, 태국 등이다. 2021년 기준 일본으로의 굴 수출량은 403만 톤 전체의 39.8%를 차지했으며, 미국(31.3%), 홍콩(7.1%), 중국(6.4%), 대만(4.8%), 태국(3.7%)순이었다.

〈그림 2-12〉 주요 국가별 굴 수출실적 추이



자료: 한국무역통계진흥원(검색일: 2022.5.18.)

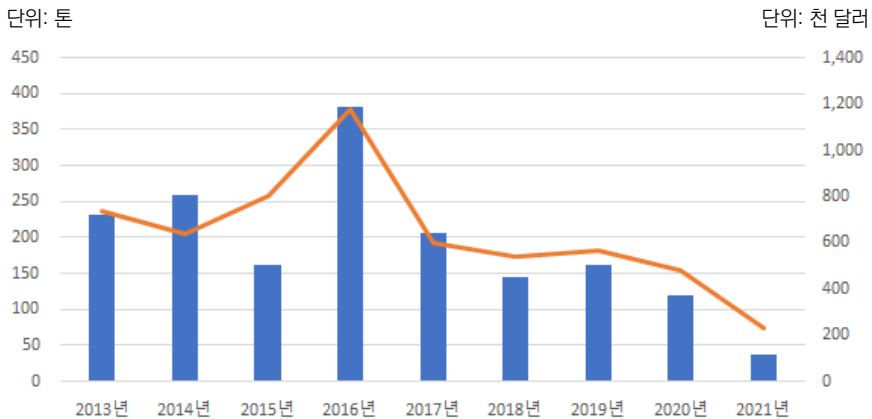
국가별로 살펴보면, 굴 수출 1위 국가인 일본의 경우 최근 3년 물량 감소세를 보였던 반면 미국의 경우 2021년에 수출 물량이 눈에 띄게 증가하면서 전체 수출 물량 증가를 견인하였다. 특히, 코로나19를 겪으며 보관 기간이 길고 저장 가능한 가공제품에 대한 미국 내 수요가 크게 증가하면서 한국산 굴 통조림에 대한 수요가 큰 폭으로 늘어난 것으로 나타났다.

## 2) 수입 동향

굴의 수입량과 수입금액은 수출량에 비해 매우 작은 수준이다. 연도별로 살펴보면, 수입량은 150톤에서 250톤 내외에서 증감을 반복하고 있으며, 수입금액은 50만 달러 이상의 규모를 기록하고 있다. 2021년에는 수입량 37톤, 수입금액 23만 달러로 매우 줄어들었다.

수입 동향을 살펴본 결과, 굴 수입은 양이 매우 적고 연도별로 편차도 크기 때문에 국내 굴 생산량 및 수출량과 달리 수급상황에 거의 영향을 미치지 않는 수준이라고 판단된다. 따라서 수입관련 방정식은 중장기 수급전망모형에 포함하지 않는 것이 모형의 예측력 향상에 도움이 될 것으로 보인다.

〈그림 2-13〉 연도별 굴 수입실적 추이



자료: 한국무역통계진흥원(검색일: 2022.5.18.)

---

### 제3절 시사점

---

앞서 정리한 굴 양식업 개요와 수급 동향 분석을 통해 모형에 반영할 특징을 정리하면 다음과 같다.

첫째, 굴의 지역별 특성을 고려할 수 있어야 한다. 굴은 경남의 생산량이 80%이상을 차지하고 있으며 다음으로 전남의 비중이 높다. 같은 남해안지역이라도 지역별로 수심의 차이 등 환경적 요인으로 인해 경남의 수하연길이 전남에 비해 길다. 따라서 전체 지역을 합친 생산량으로 추정하게 되면 모든 지역이 동일한 생산함수를 가지게 되므로 합리적인 추정치 도출에 어려움이 있다. 따라서 지역별 특성을 고려할 수 있는 패널분석을 이용하는 것이 합리적일 것으로 판단된다.

둘째, 굴의 수출대상국별 특성을 고려할 수 있어야 한다. 굴 수출량을 살펴보면 미국, 일본이 가장 큰 수출시장이며 다음으로 중국, 홍콩, 대만 등의 비중이 크다. 그러나 지속적으로 증가하는 국가가 있고 변동폭이 큰 국가들도 있다. 따라서 가능하다면 국가별로 수출 함수를 구축하는 것이 합리적일 것으로 판단된다. 주요 수출대상국인 미국과 일본은 개별로 구축하고 홍콩, 중국, 대만 등은 자료의 특성을 파악한 후 추정할 필요가 있다.

셋째, 역수요함수 추정을 위한 도매가격자료는 aT의 전국가격을 이용해야 한다. 이론적으로 소비자가격을 이용하는 것이 합리적이거나 굴의 소비자가격은 산지와 도매가격에 비해 변동성이 낮아 굴 수급상황을 반영하기 어려워 상대적으로 산지의 영향을 많이 받는 도매가격을 변수로 이용해야 한다. 특히 굴은 연중 시장에 공급되는 품목이 아닌 특정 어기에만 집중적으로 생산되는 품목이므로 가격이 공급의 주도로 이루어지는 품목으로 볼 수 있기 때문에 도매가격을 이용하는 것이 합리적일 것이다. 또한 노량진 수산시장에서도 도매가격을 제공하고 있지만 대표성이 낮다는 문제가 있어 aT의 도매가격을 추정에 이용한다.

넷째, 면허의 증감에 따른 영향이 반영되어야 한다. 특히 정책시나리오 부분에서 면허의 증감에 따른 생산량과 가격 전망치가 도출되어야 면허관련 정책을 추진할 때 기초자료로 활용할 수 있다. 그러나 면허면적의 경우 직접적으로 고려하기 어려운 부분이 있어 이를 대체할 수 있는 시설량에 시나리오를 줄 수 있는 모형의 구축이 필요하다.



## 03

# 굴 중장기 수급전망모형 구축

### 제1절 기초통계 DB 구축

---

굴 중장기 수급전망모형은 연산별 전망모형이므로 투입변수들의 통계 자료는 시설량, 단수 등을 어기별로 파악할 수 있는 한국해양수산개발원 수산업관측센터 자료를 기본으로 활용하였다. 또한 이용 가능한 통계들을 최대한 이용하여 굴 수급관련 DB를 구축하고자 하였다. GDP 등 거시경제 변수, 생산량, 가격, 수출량, 환율 등의 자료를 국가통계포털, 한국은행 경제 통계시스템 등을 이용하여 구축하였다. 굴 중장기 수급전망모형 구축에 즉시 사용 가능한 자료부터 향후 모형의 고도화 등에 활용할 수 있을 것으로 기대 되는 통계까지 모두 다루었다.

#### 1. 거시경제변수

##### 1) 거시변수

본 연구를 위해 수집한 거시경제변수로는 명목 및 실질 GDP, 물가상승률의 영향을 제외하고 실질화하기 위한 GDP 디플레이터, 인구통계(추계인구),

국민처분가능소득(명목) 등이다. 아울러 수산물의 생산자물가지수(PPI), 소비자물가지수(CPI)도 수집하였다. GDP, GDP 디플레이터, 환율, 물가지수는 한국은행 경제통계시스템(ECOS)에서 수집하였으며, 국민처분가능소득, 추계인구 등은 통계청 국가통계포털(KOSIS)을 이용하여 수집하였다.

〈표 3-1〉 주요 거시경제 통계 구축 현황

구분	단위	자료출처	시계열 기간
GDP 디플레이터	2015=100	한국은행	2007~2021년
국내총생산(명목, 실질)	십억 원	한국은행	2007~2021년
국민총처분가능소득(명목)	십억 원	통계청	2007~2021년
환율	원/달러	한국은행	1988~2021년
	원/100엔	한국은행	1988~2021년
	엔/달러	한국은행	1988~2021년
(추계)인구	명	통계청	2007~2030년
생산자물가지수(총지수)	2015=100	한국은행	1988~2021년
소비자물가지수(총지수)	2015=100	통계청	2007~2021년
수출물가지수(총지수)	2015=100	한국은행	2007~2021년
국가별 국내총생산(GDP)	10억 달러	통계청	1988~2020년
국가별 실질 GDP 성장률	%	통계청	1988~2020년
국가별 인구	명	통계청	1988~2020년

자료: 저자 작성

## 2) 투입요소가격

굴 양식어업 경영비용으로는 수산업협동중앙회에서 공표하는 어업별 건당 어업경영자금소요액을 이용하였으며, 수하식 방식의 통계만 투입변수로 이용하였다. 이는 굴의 대표적인 산지가 경남과 전남이며 이 지역 대부분의 양식장에서는 수하식으로 굴을 양식하고 있기 때문이다.

어업경영자금소요액은 종자(묘)대, 시설유지비, 보조선비, 인건비, 운영관리비, 사료비, 전체 비용합계 등으로 구성되어 있다. 굴 양식어업은 사료



비가 존재하지 않는 어업이므로 사료비를 제외한 나머지 항목들을 수집하여 DB를 구축하였다. 2021년 기준으로 살펴보면 전체 경영비 중 가장 비중이 큰 항목은 종자대로 34.60%를 차지하고 있었다. 다음으로는 인건비의 비중이 32.45%로 높게 나타났으며 시설유지비도 12.02%를 차지하였다. 종자대와 인건비, 시설유지비를 합친 금액이 전체 비용의 82% 이상을 차지하였다.

〈표 3-2〉 투입요소가격 통계 구축 현황

구분		단위	자료출처	시계열 기간
수 하 식	건당 어업경영자금소요액	천 원	수협중앙회	2004~2021년
	종자(묘)대	천 원	수협중앙회	2004~2021년
	시설유지비	천 원	수협중앙회	2004~2021년
	보조선비	천 원	수협중앙회	2004~2021년
	인건비	천 원	수협중앙회	2004~2021년
	운영관리비	천 원	수협중앙회	2004~2021년

자료: 저자 작성

## 2. 생산 부문 DB

굴의 생산량을 추정하는 방법에는 두 가지 방법이 존재한다. 생산량 자체를 변수로 이용하여 추정하는 방법이 있으며, 단수와 시설량을 개별로 추정하여 이를 이용해 생산량을 추정하는 방법이 있다. 본 연구에서는 후자의 방법을 택하여 단수와 시설량을 각각 추정한 뒤 이를 곱하여 최종 생산량을 추정하는 방법을 이용하였다. 따라서 생산부문에서는 지역별 시설량 및 지역별 단수, 굴 대표산지의 수온과 풍속 등의 기상요인들을 수집하였다.

지역별 시설량은 한국해양수산개발원 수산업관측센터의 자료를 이용하였다. 수온과 풍속 등의 기상요인은 국립해양조사원의 자료를 지역별·월별로 수집하였다. 이는 굴의 여기에 맞추어서 기상요인들이 유의미한 영향이 있는지와 그 영향력의 크기까지 고려하기 위해 수집하였다.

〈표 3-3〉 생산 관련 통계 구축 현황

	구분	단위	자료출처	시계열 기간
연산별 자료	지역별 시설량	만연	수산업관측센터	2007~2021년산
	지역별 단위 (시설량당 생산량)	kg/연	수산업관측센터	2007~2021년산
	지역별 생산량	톤	수산업관측센터	2007~2021년산
월별 자료	통영 수온 (평균, 최대, 최소)	℃	국립해양조사원	2007년 1월 ~2022년 6월
	여수 수온 (평균, 최대, 최소)	℃	국립해양조사원	2007년 1월 ~2022년 6월
	통영 강수량	mm	기상청	2007년 1월 ~2022년 6월
	여수 강수량	mm	기상청	2007년 1월 ~2022년 6월
	통영 풍속 (평균, 최대)	㎞/h	국립해양조사원	2007년 1월 ~2022년 6월
	여수 풍속 (평균, 최대)	㎞/h	국립해양조사원	2007년 1월 ~2022년 6월

자료: 저자 작성

### 3. 가격 부문 DB

가격 자료는 모형에 중심이 되는 자료로 볼 수 있는데, 산지가격의 경우 기대수익을 계산하기 위한 자료로, 시설량 결정함수의 주요 변수로 활용된다. 또한 도매가격 또는 소비자가격은 총공급과 총수요의 항등식 관계에서 도출되는 것으로, 수요와 공급의 균형 관계에 있어서 매우 중요한 변수이다.

굴 산지가격으로 사용 가능한 자료로는 국가통계포털에서 수집하는 생산단가가 있다. 생산단가의 경우 상대적으로 시계열의 길이가 길다는 장점이 있으나 지역별로 구분이 어려운 한계점이 있다. 다음으로 한국해양수산개발원 수산업관측센터의 굴 수산물관측 통계자료가 있다. 연산별로 분석이 가능하고 지역별로도 경남과 전남지역의 대표가격으로 구분되어 있어 본 연구에 적합한 자료로 판단하였다.

〈표 3-4〉 가격 관련 통계 구축 현황

구분		단위	자료출처	시계열 기간
소비자가격	전국	원/kg	aT	2007~2021년
도매가격	전국	원/kg	aT	2007~2021년
	노량진 시장	원/kg	노량진 수산시장	2007~2021년
산지가격	통영 지역	원/kg	수산업관측센터	2007~2021년산
	고성 지역	원/kg	수산업관측센터	2007~2021년산
	여수 지역	원/kg	수산업관측센터	2007~2021년산

자료: 저자 작성

## 4. 수출 부문 DB

굴은 일본, 미국, 중국, 홍콩 대만 등 다양한 국가로 수출된다. 특히 일본으로 많은 양이 수출되고 있는데 2021년 기준 수출량의 40%에 달한다. 미국으로 31% 가량이 수출되어 많은 양이 수출되었다. 일본과 미국 두 국가로 수출된 물량의 비중이 전체 수출량에서 71% 정도를 차지하고 있다. 따라서 이들 국가들은 가능하다면 개별 국가별로 수출량 함수를 추정할 필요가 있다.

굴 수출량 및 수출금액 관련 자료는 한국무역협회의 무역통계를 통해 수집하였으며 현재 굴과 관련된 HS코드는 8개가 있다. 무역통계의 경우 시계열의 길이가 길어 그 사이 간혹 HS코드가 변경되는 경우가 있기 때문에 최대한 폐기된 코드를 포함하여 자료를 수집 후 DB를 구축하였다. 추가적으로 관세를 변화에 따른 수출량 변화를 확인 할 수 있도록 관세율 자료도 같이 수집하였다.

〈표 3-5〉 굴 HS코드 세부내역

HS코드	코드명
0307111090	굴(굴치패/기타/산 것·신선 또는 냉장한 것)
0307119000	굴(기타/산 것·신선 또는 냉장한 것)
0307120000	냉동한 것(굴)
0307194000	기타 굴(훈제한 것)
0307192000	기타 굴(건조한 것)
0307193000	기타 굴(염장 또는 염수장 한 것)
1605511000	굴(밀폐용기에 넣은 것/조제 및 보존처리)
1605519000	굴(조제 또는 저장처리)(기타)

자료: 저자 작성

〈표 3-6〉 수출 관련 통계 구축 현황

구분	단위	자료출처	시계열 기간
미국(물량, 금액, 단가)	톤, 천 달러, 달러/kg	한국무역협회	1988~2021년
일본(물량, 금액, 단가)	톤, 천 달러, 달러/kg	한국무역협회	1988~2021년
기타(물량, 금액, 단가)	톤, 천 달러, 달러/kg	한국무역협회	1988~2021년
미국 굴 수출관세율	%	관세청	1988~2021년
일본 굴 수출관세비	달러/kg	관세청	1988~2021년

자료: 저자 작성

## 제2절 모형 구축을 위한 이론적 배경 검토

본 연구에서 구축할 수급전망모형은 연립방정식모형을 기반으로 한다. 연립방정식모형은 생산량, 가격 등 개별방정식의 종속변수와 독립변수들이 영향을 서로 주고받는 형태로 구성된다. 여기서 시장균형가격을 도출하는 방식은 축차형(Recursive model) 방식과 수급 동시균형(Simultaneous model) 방식 두 가지가 있다.

### 1. 기상요인을 고려한 단수모형

기존의 굴 단기 수급전망모형에서는 단수예측함수의 주요 변수로 굴 양식어가를 대상으로 한 양성상태 조사자료를 이용하였다. 비만도와 같은 양성상태는 좋음, 나쁨과 같이 정성적인 형태로 조사되고 있는데 이를 정량적수치로 변환하여서 단수를 추정한다. 그러나 이러한 자료는 어가의 주관적인 의견이 개입될 수 밖에 없으며, 양성상태의 판단기준이 일정하지 않고 계속해서 변한다는 문제점이 있다. 따라서 이를 개선하기 위해 기상요인을 단수 함수에 직접적으로 이용하는 형태로 구성하였다.

굴의 생육과 기상조건을 고려한 단수전망모형 개발을 위해 수온, 풍속, 강수량 3가지를 주요 변수로 고려하였는데 일반적으로 여름철 수하를 하는 굴의 특성을 반영하기 위함이다. 수온은 굴의 생육에 가장 큰 영향을 미치는 요인으로 수온이 일정수준 아래로 떨어지거나 높아질 경우 굴의 생육이 멈추기 때문에 가장 중요한 기상요인으로 판단하였다. 풍속은 수하연에서 성장하는 굴의 특성상 태풍 등 강풍이 불 때 탈락피해 등이 생기므로 단수 함수에 고려해 볼 만한 요인이다. 강수량의 경우 여름철에는 장마철 등 강수량이 매우 많은 시기로 굴 양식장의 염분농도에 영향을 줄 가능성이 큰 변수이므로 선정하였다.

---

## 2. 균형가격 도출 방식

### 1) 축차형 균형가격 도출 방식

축차형 균형가격 도출방식은 연립방정식 내에서 순차적으로 개별방정식 값이 계산되어 독립변수의 값이 도출되는 방식이다. 3개의 방정식이 있을 때 1번 방정식의 종속변수 값이 도출되면 그 값이 2번 방정식의 독립변수로 투입되고 2번 방정식의 종속변수가 도출되면 다시 3번 방정식의 독립변수로 투입되는 형태이다.

$$\begin{aligned} Y_{1t} &= \beta_{10} && + \gamma_{11}X_{1t} + \gamma_{12}X_{2t} + u_{1t} \\ Y_{2t} &= \beta_{20} + \beta_{21}Y_{1t} && + \gamma_{21}X_{1t} + \gamma_{22}X_{2t} + u_{2t} \\ Y_{3t} &= \beta_{30} + \beta_{31}Y_{1t} + \beta_{32}Y_{2t} + \gamma_{31}X_{1t} + \gamma_{32}X_{2t} + u_{3t} \end{aligned} \quad [\text{식 3-1}]$$

$Y$ 는 모형에서 값이 결정되는 내생변수,  $X$ 는 외부에서 주어진 외생변수를 의미한다. 여기서 첫 번째 내생변수  $Y_{1t}$ 의 경우에는 외생변수에 의해서만 도출되며, 이 내생변수는  $Y_{2t}$  추정을 위해 다시 설명변수로 투입된다. 위 방정식에서 추정된  $Y_{2t}$ 는 세번째 방정식의  $Y_{3t}$  추정을 위한 설명변수로 다시 투입된다.

축차모형에서는 가격신축성함수를 통해 균형가격을 도출하게 되며 이때 소비량은 이미 계산되어 정해진 값이 설명변수로 투입되는데, 이는 소비량이 가격 변화에 따라 조정되지 않음을 뜻한다. 다시 말해, 공급량에 의해서 균형가격이 형성됨을 의미하는데, 이는 공급이 비탄력적인 특징을 가지고 있는 시장이거나, 공급 조절이 어려운 단기예측모형에는 오히려 적합한 방법이 될 수 있다.

### 2) 수급 동시 균형가격 도출 방식

수급 동시 균형가격 도출 방식에서는 총공급량( $Q_S$ )과 총수요량( $Q_D$ )이

동일한 지점에서 균형가격이 도출되는데, 이 때 총공급량과 총수요량을 동일하게 만드는 수단이 가격이다.

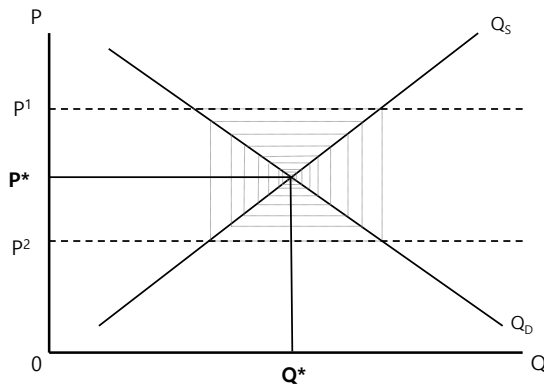
가격이 총공급량과 총수요량을 같게 만드는 과정은 만약,  $Q_D > Q_S$ 인 경우 초과수요가 발생하기 때문에 가격이 상향 조정된다. 반대로  $Q_S > Q_D$ 인 경우에는 초과공급이 발생하기 때문에 가격은 하향 조정된다. 이러한 초과공급과 초과수요에 따라 가격이 상승하거나 하락하는 단계가 매우 많이 반복되면서 최종적으로  $Q_S = Q_D$ 가 되는 점에서 균형가격( $P^*$ )이 결정된다.

$$P_i = P_{i-1} - \delta(Q_{s_i} - Q_{d_i}) \quad [\text{식 3-2}]$$

주:  $i$ =반복횟수,  $i=1 \sim \infty$ ,  $P$ =가격,  $Q_S$ =총공급량,  $Q_D$ =총수요량,  $\delta$ =조정계수

이 식에서 조정계수(equilibrator)는 초과수요, 초과공급이 발생할 때 가격을 상향 또는 하향 조정하는 역할을 한다. 즉, 초과수요가 발생하면  $\delta$ 가 양(+)의 영향을 미치면서 금기 가격은 전기 가격보다 상승하고, 초과공급이 발생하면  $\delta$ 가 음(-)의 영향을 미쳐 금기 가격은 전기보다 하락한다. 이러한 과정은 총공급과 총수요가 동일한 균형상태( $Q_S - Q_D = 0$ )에 도달할 때까지 반복된다.

〈그림 3-1〉 수급 동시균형모형 균형가격 도출 개념도



자료: 허수진 외(2021), p. 52

---

본 연구에서는 비탄력적인 공급구조를 가지고 있는 굴의 특성을 고려하여 두 가지 균형가격도출 방식 중 공급주도로 가격이 결정되는 형태인 축차형 방식을 이용하는 것이 현실설명력이 높을 것으로 판단되어 축차형 균형가격도출방식으로 추정하고자 한다.



## 제3절 굴 중장기 수급전망모형 구축 방향

### 1. 개별방정식 구축 방향

굴 수급전망모형은 양식어업의 특성과 품목의 특성을 고려했을 때 시설량 결정함수, 단수 결정함수, 1인당 소비량 결정함수, 수출 함수를 추정한다. 각 개별방정식의 구조를 도출하면 다음과 같다.

#### 1) 시설량 결정함수

시설량은 해당 연산의 생산량과 직결되는 중요한 요인으로 시설량의 변화에 따라 굴의 생산량과 가격이 영향을 받으며, 수급관련 정책에도 매우 중요한 변수이다. 굴 시설량 결정함수에는 전년 시설량과 굴 양식어가의 기대수익률을 변수로 이용하였다.

$$ACR_{t,i} = f(FP_{t-1,i} / Pcost_{t-1,i}, ACR_{t-1,i}) \quad [\text{식 3-3}]$$

주:  $ACR_{t,i}$  :  $i$ 지역의  $t$ 기 시설량,  $FP_t$  :  $t$ 기의 산지가격,  $Pcost_t$  :  $t$ 기의 생산비

#### 2) 단수 결정함수

굴 단수 함수 결정함수는 기존에 이루어졌던 굴 수급전망모형 구축 관련 연구에서도 추정이 매우 어려운 함수 중 하나였다. 최초 구축되었던 단기 수급전망모형에서는 비만도와 성장도 등의 정성적 자료를 표본어가를 대상으로 조사하여 이를 양성상태에 따라 정량적 자료로 변환한 값을 이용하였다. 그러나 이러한 형태는 표본어가의 주관적인 의견을 통해 도출되는 값이기 때문에 단수 함수를 구축하는데 어려움이 있었다. 따라서 본 연구에

서는 실제 굴의 생육과 관련된 기상요인들을 최대한 이용하여 단수 함수를 구축하였다.

$$YD_{i,t} = f(temp_{i,t}) \quad [\text{식 3-4}]$$

주:  $YD$ : 굴단수,  $temp$ : 수온

### 3) 수출량 결정함수

굴 수출량의 경우 기대 국내도매가격, 기대환율 등으로 구성하였다. 또한 향후 정책적 활용도를 높이기 위해 수출관세를 반영하였다. 국내가격과 환율변수를 설명변수로 이용한 것은 종속변수인 수출량에 대해 국내도매가격은 음(-)의 상관관계가 있지만 환율은 양(+)의 상관관계에 있기 때문이다.

$$X_{i,t} = f(EP_{i,t}, EXCH_{i,t}, TEX) \quad [\text{식 3-5}]$$

주:  $X_{i,t}$ : 수출량,  $EP_{i,t}$ : 수출단가,  $EXCH_{i,t}$ : 환율,  $TEX$ : 관세율

### 4) 역수요함수

굴 가격함수는 시장균형가격이 역수요함수를 통해 소비자가격(도매가격)이 1인당 소비량과 소득에 영향을 받는 형태로 설정하였다. 종속변수로는 소비자가격 대신 도매가격을 이용하였는데 이는 소비자가격의 경우 수급변동에 따른 가격변화가 작게 나타나 상대적으로 수급변동에 탄력적으로 반응하는 도매가격을 이용하는 것이 타당할 것으로 판단하였기 때문이다.

$$WHP_t = f(PERD_t, DINC_t, seasonality) \quad [\text{식 3-6}]$$

주:  $WHP_t$ : 도매가격,  $PERD_t$ : 1인당굴소비량,  $DINC$ : 1인당가처분소득

경제학이론에 따라 굴 가격이 상승할 경우 소비량이 감소하는 형태가 되어야하므로 소비량 변수의 계수는 음(-)으로 추정되어야하고, 소득의 계수는 양(+)으로 추정되어야 한다.

산지가격은 도매가격과 유통비용 등을 이용하여 가격연계함수를 통해 도출이 가능하다. 현재 수산부문에 유통비용에 관한 시계열자료의 획득에는 한계가 있기 때문에 도매가격을 이용하여 구성하였다.

$$FP_t = f(WHP_t, seasonality) \quad [\text{식 3-7}]$$

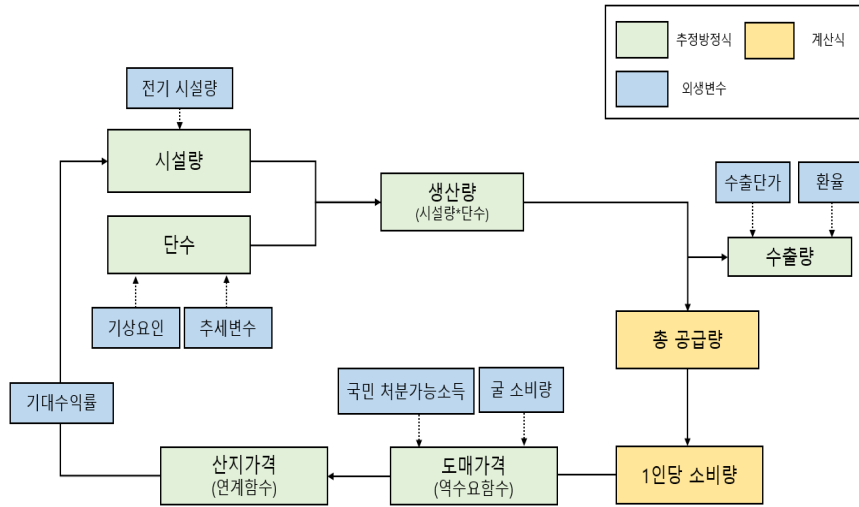
주:  $FP_t$  : 산지가격,  $WHP_t$  : 도매가격

## 2. 굴 중장기 수급전망모형 구조도

굴 중장기 수급전망모형은 굴의 여기에 맞춘 연산 자료를 이용하여 연산별 전망이 가능하게 구조를 설정하였으며, 굴의 수급 영향만을 고려한 부분균형모형으로 설정하였다. 여기초에 시설량을 투입하여 이후 출하하는 방식으로 생산되는 굴의 특성상 시장균형가격 도출방식은 축차형방식을 이용하여 역수요함수로 직접 계산되는 형태로 구성하였다. 개별방정식은 시설량과 단수 등 굴의 입식이후 출하까지 생물학적 특성을 반영할 수 있는 동태적 생태방정식 모형체계를 이용하였으며 수출량 결정모형 등을 추가로 구축하였다.

굴의 총 공급량은 경남과 전남 기타 지역의 생산량을 더한 값으로 산출되며 소비량은 총 공급량에서 수출량을 제외한 값으로 도출된다. 시장의 균형가격(도매가격)은 역수요함수를 통해서 추정되고 산지가격은 도매가격을 가격연계함수를 이용하여 도출된다. 산지가격은 경영비와 함께 기대수익률로 다시 시설량을 결정하는 요인으로 작용하는 구조로 설계하였다.

〈그림 3-2〉 굴 중장기 수급전망모형 전체 구조도



자료: 저자 작성

## 04

# 굴 중장기 수급전망모형 추정 및 예측력 검정

앞서 설정한 개별방정식과 모형 구조도를 바탕으로 굴 시설량 함수, 단수 함수, 수출 함수, 역수요 함수, 산지가격 함수 등의 개별방정식을 추정하였다. 개별방정식 추정에는 통계패키지 중 E-Views 프로그램을 이용하였으며 함수 추정방법은 시설량과 단수 함수를 제외하고는 기본적으로 통상최소제곱법을 이용하였다. 시설량과 단수 함수는 지역별 패널자료 형태로 DB를 구축하였기 때문에 패널분석인 합동 OLS(pooled OLS), 고정효과 모형(Fixed Effect Model), 패널GLS(Generalized Least Square) 등의 방법을 이용하였다. 모든 방정식은 Log-Log 함수 형태로 추정하였는데 이는 독립변수와 종속변수의 단위가 서로 다른 경우가 있기 때문이다. 한편, 모형에 이용된 경영비, 산지가격, 도매가격, 수출입단가 등은 모두 소비자물가지수와 생산자물가지수 등을 이용하여 실질가격으로 변환하였다.

각각의 개별방정식은 다음의 기준에 부합하게 추정되는 것을 가장 적합하다고 판단하였다. 첫째, 개별방정식 추정계수의 부호 조건이 이론적으로 합당하여야 한다. 둘째, 추정계수의 통계적 유의수준은 최대 10% 이내여야 한다. 셋째, 다양한 변수를 고려하여 반복적인 추정과정을 거친 결과, 결정계수( $R^2$ )가 가장 높은 방정식을 채택해야 한다. 넷째, 자기상관(Autocorrelation)

---

문제가 발생하지 않도록 더빈-왓슨 통계량(Durbin-Watson Statistics)이 1.5~2.5 사이의 값을 가져야 한다. 단, 설명변수로 종속변수의 시차변수를 포함하거나 더빈-왓슨 통계량이 기준 범위를 벗어날 경우 추가로 Breusch-Godfrey LM Test를 실시하여 자기상관이 존재하지 않는 결과를 수용해야 한다. 다섯째, 모형의 예측력 검정결과 RMSPE 및 MAPE는 10% 이하, Theil의 불균등계수는 0.1 이하를 목표로 한다.

## 제1절 방정식 추정 결과

### 1. 굴 시설량 함수

굴 시설량 함수는 지역 패널자료를 활용하였으며, 지역별 특성을 추정할 수 있는 패널분석을 이용하여 추정하였다. 지역을 나누는 기준은 굴의 생산 비중에 따라 통영이 있는 ‘경남’을 1권역, ‘여수’가 있는 전남을 2권역, ‘충남’ 중심의 기타지역을 3권역으로 나누어 분석하였다.

굴 시설량 함수 추정을 위해 전년도 굴 시설량 변수와 함께 굴 양식어가의 경제적 의사결정요인인 기대수익률을 기본 변수로 투입하였다. 기대수익률은 전년도 산지가격에 전년도 단수<sup>7)</sup>를 곱하여 조수입(Gross Revenue)을 구하고 이를 경영비로 나누어 도출하였다. 이와 함께 지역별 특성을 반영하기 위해 지역별 더미변수를 설명변수로 추가하였다.

굴 양식어가에서는 기대수익률이 상승할 경우에 시설량을 늘리고자 할 것이고 기대수익률이 하락한다면 시설량을 줄이고자 할 것이다. 따라서 시설량 함수는 전년도의 시설량과 기대수익률 변수가 모두 양(+)의 부호로 추정된 결과를 최종적으로 선정하였다.

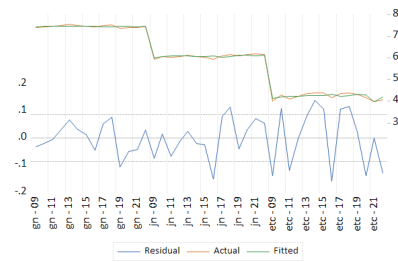
패널분석을 이용하여 시설량 함수를 추정한 결과, 시설량은 전년도의 시설량 및 기대수익률과 양(+)의 관계를 가지고 있는 것으로 추정되었으며, 통계적으로도 유의하게 도출되었다. 지역별 굴 양식어가의 기대수익률 계수값은 0.0876으로 도출되었는데, 이는 지역별 굴 양식어가의 기대수익률이 1% 상승할 경우 지역별 시설량은 0.09% 증가하는 것을 의미한다. 지역별 특성을 나타내는 고정효과의 계숫값은 경남 0.3751, 전남 -0.0291, 기타 지역 -0.3460으로 나타났다.

7) 조수입의 경우 생산성 변화를 반영하기 위해 전년도 산지가격에 전년도 단수를 적용하여 도출하였다.

〈표 4-1〉 시설량 함수 추정 결과

$$\begin{aligned} \text{LOG(ACR)} = & 4.0467 + 0.3029 \cdot \text{LOG(ACR(-1))} + 0.0876 \cdot \text{LOG(FP(-1) \cdot YD(-1) / COST(-1))} \\ & (4.05)^{***} \quad (1.99)^* \quad (2.21)^{***} \\ & - 0.2357 \cdot \text{DM1} + 0.3751 \cdot \text{DM\_gn} - 0.0291 \cdot \text{DM\_jn} - 0.3460 \cdot \text{DM\_etc} \\ & (-2.59)^* \\ R^2 = & 0.996 \quad D-W = 2.075 \quad \text{추정 기간: 2009년} \sim \text{2022년 (n=42)} \\ & \text{Cross-section } \chi^2 = 7.6492(0.0218) \end{aligned}$$

ACR: 지역별 굴 시설량(만 연, KMI 수산업관측센터)  
FP1: 지역별 굴 산지가격(원/kg, KMI 수산업관측센터)  
COST1: 수하식 굴 건당 소요액(천 원, 수협중앙회)  
DM1: 더미변수(기타지역 2021년 =1, 그 외 0)  
DM\_r: 지역별 더미변수 (gn:경남, jn:전남, etc:기타)



주: ( )는 t-value를 나타내며, \*\*\*, \*\*, \*는 각각 1%, 5%, 10% 유의수준에서 통계적으로 유의함을 의미함.  
해당 내용은 이어지는 모든 개별방정식 추정 결과에도 동일하게 적용되므로 별도 표기를 생략하였음  
자료: 저자 작성

## 2. 굴 단수 함수

굴 단수 함수는 굴 시설량 함수와 동일하게 지역별 패널자료를 구성하여 패널분석을 이용하였으며 시설량 함수와 각각 대응할 수 있게 ‘경남’, ‘전남’, ‘기타’ 3개의 지역으로 구분하여 추정하였다.

굴 단수 함수 추정에는 양식기술 진보를 나타내는 추세(TREND)<sup>8)</sup> 변수와 굴의 생물학적 특성을 반영하기 위하여 자연과학적 변수 중 지역별 수온을 설명변수로 투입하였다. 추세변수는 시간의 흐름에 따라 양식기술이 발전하는 것을 의미하므로 이는 단수와 양의 관계에 있을 것으로 예상된다.

8) TREND: 추세를 나타내는 시간변수(@TREND=0, 1, 2, 3, ...).



지역별 수온 변수는 굴 생산여기(전년 9월~익년 5월) 평균 자료를 이용하는 것보다 월별 자료를 이용하는 것이 단수에 더 큰 영향을 미칠 것으로 판단하여 월별 자료를 변수로 도입하였다. 자료의 한계로 인해 평균 수온이 아닌 지역별 최고 수온을 이용하여 추정을 시도하였으며 지역별 수온 변수는 통계적으로 유의하고, 설명력이 높은 기간의 변수를 최종적으로 선택하였다. 수온이 높을 경우 병해가 발생할 가능성이 높아 굴 생산성에 부정적 영향을 미칠 수 있기 때문에 굴 단수는 수온과 음(-)의 관계에 있을 것으로 예상된다. 따라서 추정시 해당 부호조건에 부합하는 결과를 최종적으로 선택하였다.

패널분석을 이용하기에 앞서 고정효과의 존재여부를 확인하였으며, 자료의 성격 또한 고정효과모형을 채택하는 방안이 더 현실설명력이 높은 함수가 추정될 것으로 기대되어 고정효과모형을 이용하여 추정하였다. 지역이라는 특성은 시간의 흐름에 따라서 고정되어 있기 때문이다.

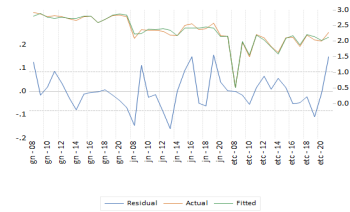
지역별 단수 추정에는 추세변수와 함께 지역별 11월 최고 수온 변수를 설명변수로 도입하였으며, 지역별 특성을 고려할 수 있는 지역 더미변수를 추가하였다. 이와 함께 지역별로 단수 변동이 컸던 특정 시점에 더미변수를 도입하였다. 11월의 최고수온을 이용한 것은 굴이 본격적으로 생산되기 시작하는 시기이며, 생산이 가장 많이 이루어지는 시기이기도 하다. 따라서 해당 시기의 수온이 높을 경우 작황에 부정적 영향을 미쳐 생산성이 낮아질 수 있다. 따라서 지역별 11월 최고 수온 변수는 단수와 음(-)의 관계가 있을 것으로 예상된다.

〈표 4-2〉 단수 함수 추정 결과

$$\begin{aligned} \text{LOG(YD)} = & 4.2050 + 0.0948*\text{@TREND} - 0.6660*\text{LOG(TEMP\_11)} - 0.2693*\text{DM1} \\ & (6.19)^{***} \quad (4.01)^{***} \quad (-2.79)^{***} \quad (-4.20)^{***} \\ & - 1.4448*\text{DM2} - 0.5080*\text{DM3} - 0.3295*\text{DM4} - 0.1928*\text{DM5} + 0.2055*\text{DM6} \\ & (-14.69)^{***} \quad (-7.62)^{***} \quad (-5.79)^{***} \quad (-3.61)^{***} \quad (2.99)^{***} \\ & + 0.3751*\text{DM\_gn} - 0.0291*\text{DM\_jn} - 0.3460*\text{DM\_etc} \end{aligned}$$

$R^2=0.975$       D-W = 1.62      추정기간: 2009년~2022년(n=42)  
Cross-section  $\chi^2=110.9832(0.0000)$

YD: 지역별 굴 단수(톤/만연, 계산: Q/ACR)  
· Q: 지역별 굴 생산량(톤, KMI 수산업관측센터)  
· ACR: 지역별 굴 시설량(만연, KMI 수산업관측센터)  
@TREND: 추세변수(@TREND=0,1,2,...)  
TEMP\_11: 지역별 11월 최고 수온(°C, 국립해양조사원)  
DM1: 경남 2017년, 전남 2021년 더미변수(gn 2017, jn 2021=1, 그 외 0)  
DM2: 기타 2008년 더미변수(etc 2008=1, 그 외 0)  
DM3: 기타 2010, 2014년 더미변수(etc 2010, 2014=1, 그 외 0)  
DM4: 기타 2013, 2017년, 전남 2020년 더미변수  
(etc 2013, 2017, jn 2020=1, 그 외 0)  
DM5: 전남 2014년, 경남 2018년, 기타 2020년 더미변수  
(jn 2014, gn 2018, etc 2020=1, 그 외 0)  
DM6: 2013, 2018년 더미변수(jd 2013, 2018=1, 그 외 0)  
DM\_r: 지역별 더미변수(gn: 경남, jn: 전남, etc: 기타=1, 그 외 0)



자료: 저자 작성

이러한 내용을 바탕으로 Log-Log 함수 형태의 패널분석을 실시한 결과, 추세변수는 양(+)의 부호로, 지역별 11월 최고수온 변수는 음(-)의 부호로 추정되어 당초 예상에 부합했으며, 통계적으로도 모두 유의하게 도출되었다. 지역별 11월 최고수온 변수의 탄성치는 각각 -0.6660으로 추정되었는데, 이는 지역별 11월 최고 수온이 1% 상승할 경우 전남 지역별 단수는 0.67% 감소하는 것을 의미한다.

### 3. 굴 수출 함수

굴 수출량의 경우 수출실적에 따라 주요 수출대상국가별로 구분하여 국가별 수출 함수를 도출하였다. 여러 수출대상국가 중 수출 비중이 높은 미국, 일본의 수출 함수를 개별로 추정하였으며, 그 외 나머지 국가는 기타 국가로 묶어 별도 추정하였다. 국가별 수출 함수는 관세율이 포함된 수출 단가와 환율을 설명변수로 설정하였으며, 수출단가(\$/kg)는 총수출금액(\$)과 총수출량(kg)을 이용하여 도출하였다.

추정 결과는 굴 수출단가가 높아질수록 해당 국가에 대한 굴 수출량은 감소하게 되므로 수출단가와 수출대상국의 생산량은 음(-)의 부호로 추정되어야 한다. 또한 환율이 상승할 경우 원화 가치 평가절하로 수출량은 증가하므로 환율은 수출량과 양(+)의 관계에 있는 것으로 추정되는 것이 경제학적 이론에 부합한다고 할 수 있다. 따라서 해당 부호조건을 만족하는 결과를 최종 선택하였다.

#### 1) 일본

일본으로의 굴 수출 함수는 관세율을 적용한 수출단가와 환율을 이용하였으며, 2006년을 기점으로 일본으로의 연간 수출 추세에 변화가 발생하여 해당 시점에 구조변화 더미를 적용하였다. 그 외 수출변동이 컸던 특정 연도들에도 더미변수를 추가하였다.

Log-Log 함수 추정 결과,  $R^2$ 이 0.8318로 모형 설명력이 매우 높다고는 할 수 없으나, 모든 변수가 통계적으로도 유의한 것으로 도출되었다. 대일본 수출단가는 음(-)의 부호로, 엔화환율은 양(+)의 부호로 추정되어 경제학적 이론에 부합하였다. 해당 분석결과에 따르면, 대일본 수출 함수의 수출단가가 1% 상승할 경우 일본으로의 수출량은 0.24% 줄어드는 것으로, 엔화환율이 1% 상승할 경우 수출량은 0.51% 늘어나는 것으로 나타났다.

〈표 4-3〉 대일본 굴 수출 함수 추정 결과

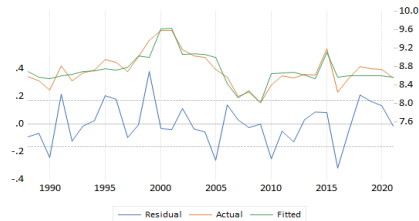
$$\begin{aligned} \text{LOG}(X\_JP) = & 5.9382 - 0.2425 * \text{LOG}((EP\_JP1 * (1 + \text{TEX\_JP}) / 100) / \text{PPI} * 100) + 0.5113 * \text{LOG}(\text{EXCH\_JP}) \\ & (5.4311)^{***} \quad (-1.78)^* \quad (3.61)^{***} \\ & - 0.5157 * \text{SD1} + 0.6183 * \text{DM1} - 0.6801 * \text{DM2} - 0.3305 * \text{DM3} \\ & (-5.896)^{***} \quad (5.94)^{***} \quad (-3.82)^{***} \quad (-2.52)^{***} \end{aligned}$$

$R^2 = 0.8318$

D-W = 2.0155

추정기간: 1988~2021년(n=34)

X\_JP: 굴 일본 수출량(톤, 한국무역협회)  
EP\_JP: 굴 일본 수출단가(달러/kg, 한국무역협회)  
TEX\_JP: 굴 일본 수출 관세율(% , 관세청)  
EXCH\_JP: 대일환율(원/100엔, 한국은행)  
SD1: 2006년 구조변화 더미변수  
(2006년 이전 0, 이후 1)  
DM1: 2000, 2001, 2015년 더미변수  
(2000, 2001, 2015=1, 그 외 0)  
DM2: 20092년 더미변수(2009=1, 그 외 0)  
DM3: 2007, 2008년 더미변수  
(2007, 2008=1, 그 외 0)



자료: 저자 작성

## 2) 미국

미국으로의 굴 수출 함수는 관세율을 포함한 수출단가와 환율을 이용하였으며, 수출량이 지속적으로 감소하고 있는 경향을 보여 추세(Trend) 변수를 추가로 투입하였다. 그 외 수출변동이 컸던 특정 연도들에도 더미변수를 추가하였다.

Log-Log 함수 추정 결과,  $R^2$ 이 0.9356으로 모형 설명력이 매우 높았으며, 모든 변수가 통계적으로도 유의한 것으로 도출되었다. 대미국 수출단가는 음(-)의 부호로, 환율은 양(+)의 부호로 추정되어 경제학적 이론에 부합하였다. 해당 분석결과에 따르면, 대미국 수출 함수의 수출단가가 1% 상승할 경우 미국으로의 굴 수출량은 0.46% 줄어드는 것으로, 원달러 환율이 1% 상승할 경우 수출량은 0.61% 늘어나는 것으로 나타났다.

〈표 4-4〉 미국 굴 수출 함수 추정 결과

$$\begin{aligned} \text{LOG}(X\_US) = & 7.2773 - 0.4644 \cdot \text{LOG}((EP\_US \cdot (1 + \text{TEX\_US}) / 100) / \text{PPI} \cdot 100) + 0.6059 \cdot \text{LOG}(\text{EXCH}) \\ & (3.97)^{***} \quad (-3.16)^{***} \quad (2.33)^{***} \\ & -0.7318 \cdot \text{LOG}(@\text{TREND}) + 0.3316 \cdot \text{DM1} - 1.2404 \cdot \text{DM2} \\ & (-12.71)^{**} \quad (2.30)^{***} \quad (-8.84)^{**} \end{aligned}$$

$R^2 = 0.9356$

D-W = 1.805

추정기간: 1992~2021년(n=30)

X\_US: 굴 미국 수출량(톤, 한국무역협회)  
EP\_US: 굴 미국 수출단가(달러/kg, 한국무역협회)  
TEX\_US: 굴 미국 수출 관세율(% , 관세청)  
EXCH: 환율(원/달러, 한국은행)  
@TREND: 추세변수(@TREND=0,1,2,...)  
DM1: 2003년 년 더미변수(2003=1, 그 외 0)  
DM2: 2012년 더미변수(2012=1, 그 외 0)



자료: 저자 작성

### 3) 기타국가

주요 수출대상국가를 제외한 기타 국가로의 굴 수출 함수는 다른 국가로의 수출 함수와 마찬가지로 수출단가, 환율을 고려하였으며 점차 감소하는 추세를 보이고 있어 추세변수를 설명변수로 도입하였다. 또한 수출변동이 큰 연도에 더미변수를 적용하거나 구조변화 더미변수를 추가하였다. 기타 국가에는 매우 다양한 수출대상국가가 포함되므로 특정 국가의 관세율을 적용할 수 없어 수출단가 변수 계산 시 관세율을 제외하였다.

Log-Log 함수로 추정한 결과,  $R^2$ 이 0.771으로 모형의 적합성이 매우 우수한 것으로 보기는 어렵지만 각 변수의 부호조건이 당초 예상에 부합하고 통계적으로 유의하게 도출되었다. 수출단가의 탄성치는 -0.4816으로 추정되어 수출단가가 1% 상승하면 대기타국가 굴 수출량은 0.48% 줄어드는 것으로 나타났으며, 환율의 탄성치는 0.4624로 추정되어 환율이 1% 상승하면 굴 수출량은 0.46% 늘어나는 것으로 나타났다.

〈표 4-5〉 기타국가 굴 수출 함수 추정 결과

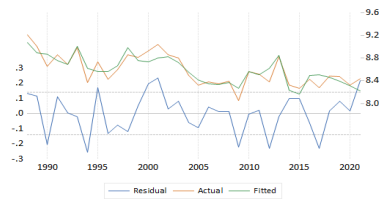
$$\begin{aligned} \text{LOG}(X\_ETC) = & 6.7214 - 0.4816 * \text{LOG}(EP\_ETC / \text{PPI} * 100) + 0.4624 * \text{LOG}(\text{EXCH}) \\ & (4.07)^{***} \quad (-3.44)^{***} \quad (2.02)^* \\ & -0.0541 * \text{LOG}(@\text{TREND}) + 0.4584 * \text{SD1} + 0.3746 * (\text{DM1} + \text{SD2}) \\ & (-8.12)^{**} \quad (4.14)^{***} \quad (-4.63)^{**} \end{aligned}$$

$R^2 = 0.771$

D-W = 1.887

추정기간: 1988~2021년(n=34)

X\_ETC: 굴 기타국가 수출량(톤, 한국무역협회)  
EP\_ETC: 굴 기타국가 수출단가(달러/kg, 한국무역협회)  
EXCH: 환율(원/달러, 한국은행)  
@TREND: 추세변수(@TREND=0,1,2,...)  
SD1: 2010년 구조변화 더미변수(2010년 이전 0, 이후 1)  
DM1: 1993, 2013년 더미변수(1993, 2013=1, 그 외 0)  
SD2: 2016년 구조변화 더미변수(2016년 이전 0, 이후 1)



자료: 저자 작성

#### 4. 역수요함수(도매가격)

굴의 가격함수는 역수요함수 형태를 도입하여 추정하였으며 소비자가격(또는 도매가격)이 1인당 굴 소비량과 소득에 의해 영향을 받는 구조로 설정하였다. 굴 역수요함수의 종속변수로는 소비자가격 대신 도매가격을 이용하였는데, 이는 급격한 수급 변동에도 불구하고 굴 소비자가격은 거의 변하지 않는 경향을 보이기 때문이다. 따라서 상대적으로 수급 변동에 탄력적인 반응을 보이는 도매가격을 분석에 이용하는 것이 더 바람직하다고 판단하여 이를 종속변수로 이용하였다. 설명변수 중 소비량은 생산량과 수입량 모두 더한 총공급량에서 수출량을 제외하여 도출하였으며, 소득변수는 1인당 국민처분가능소득을 이용하였다.<sup>9)</sup>

9) 역수요함수 추정 시 재화의 대체재를 고려해야 하지만 굴의 경우 어떠한 재화와의 대체 관계에 있는지를 규명하기 어려워 있어 역수요함수 추정 시 별도의 대체재 변수를 도입하지 못하였다.

Log-Log 함수 형태로 굴 역수요함수를 추정한 결과,  $R^2$ 이 0.809로 비교적 높은 모형 적합성을 보였으며, 1인당 소비량의 부호는 음(-)으로, 소득의 부호는 양(+)으로 추정되어 설명변수의 부호조건이 경제학적 이론에 부합하는 것으로 나타났다. 이와 함께 소비량, 소득 등 모든 변수가 1% 유의수준 하에서 통계적으로 유의한 것으로 도출되었다. 한편 굴의 가격 신축성 계수는 -0.2948로 도출되었는데, 이는 1인당 굴 소비량이 1% 증가할 때 도매가격이 0.30% 하락하는 것을 의미한다.

〈표 4-6〉 굴 역수요함수(도매가격) 추정 결과

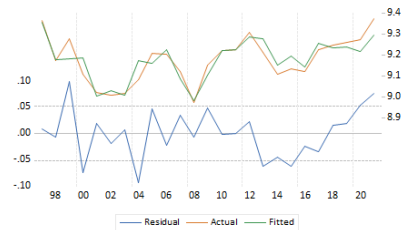
$$\begin{aligned} \text{LOG}(\text{WP}_1/\text{CPI}*100) = & 0.9555 - 0.2948*\text{LOG}(\text{PERD}) + 0.7841*\text{LOG}(\text{DINC}/\text{CPI}*100) \\ & (0.5403) \quad (-5.30)^{***} \quad (4.60)^{***} \\ & + 0.2873*\text{DM1} - 0.1597*\text{DM2} - 0.1313*\text{SD1} \\ & (3.33)^{***} \quad (-5.08)^{***} \quad (-2.79)^{***} \end{aligned}$$

$R^2 = 0.809$

D-W = 2.108

추정기간: 1997~2021년(n=25)

WP\_1: 전국 굴 도매가격(원/kg, aT)  
PERD: 굴 1인당 소비량(kg, 계산)  
DINC: 1인당 국민처분가능소득(천 원, 명목, 한국은행)  
DM1: 2006, 2012년 더미변수(2006, 2012=1, 그 외 0)  
DM2: 2001, 2002, 2003, 2008년 더미변수  
(2001, 2002, 2003, 2008=1, 그 외 0)  
SD1: 2014년 구조변화 더미변수(2014년 이전 0, 이후 1)



자료: 저자 작성

---

## 제2절 모형 예측력 검정 결과

### 1. 예측력 검정 방법

제1절에서는 추정계수 부호조건, 적합성, t-통계량(t-statistics),  $R^2$  등을 근거로 모형의 설명력과 통계적 유의성을 우선적으로 판단하였으며, 제2절에서는 모형의 사후적 예측(ex-post forecasting)에 따른 시뮬레이션을 통해 모형의 예측력을 검정하였다. 이는 시뮬레이션으로 도출된 내생 변수의 추정치(predicted value)와 실제치(actual value) 사이의 상호 비교를 통해 적합성을 판단하는 방법을 말한다.

모형의 예측력을 검정하는 통계적 방법에는 대표적으로 RMSPE, MAPE, Theil의 불균등계수 등이 있다. RMSPE와 MAPE는 0%에서 100% 사이의 값으로, Theil의 불균등계수는 0에서 1 사이의 값으로 도출되며, 해당 수치가 0에 가까울수록 모형의 예측력이 높은 것으로 평가한다. 앞서 4장 도입부에서 설명했듯이 RMSPE와 MAPE는 10% 이내, Theil의 불균등계수는 0.1 이하의 값을 가질 때 모형 적합도가 가장 우수하다고 할 수 있다. 이들 세 가지 예측력 검정방법의 자세한 수식은 다음과 같다.

$$RMSPE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \left( \frac{F_t - A_t}{A_t} \right)^2} \times 100 (F_t: \text{추정치}, A_t: \text{실제치}) \quad [\text{식 4-1}]$$

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \left| \frac{F_t - A_t}{A_t} \right| \times 100 \quad [\text{식 4-2}]$$

$$Theil's U1 = \frac{\sqrt{\frac{1}{n} \sum_{t=1}^n (F_t - A_t)^2}}{\sqrt{\frac{1}{n} \sum_{t=1}^n (F_t)^2} + \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{t=1}^n (A_t)^2}} \quad [\text{식 4-3}]$$



## 2. 예측력 검증 결과

추정에 이용된 변수의 시계열 길이가 비교적 짧기 때문에 5년 이상의 중장기 예측력을 확인하는 것은 다소 무리가 있다고 판단하여 2019~2021년 총 3개년간의 예측력을 살펴보았다.

먼저 지역별 시설량 함수의 예측력 검증결과, 모든 지역의 모형적합도가 우수한 것으로 나타났다. 경남과 기타의 RMSPE가 7.48%와 8.72%로 다소 높게 추정되었으나 기준치 내로 추정되었으며 Theil의 불균등계수도 모두 0.1이하로 나타나 예측력이 높은 것으로 나타났다.

〈표 4-7〉 시설량 함수의 예측력 검증결과

구분	RMSPE	MAPE	Theil' U1
경남	7.48	6.82	0.04
전남	4.94	4.63	0.03
기타	8.72	5.74	0.04

자료: 저자 작성

다음으로는 지역별 단수 함수의 예측력 검정을 시행하였다. 검증 결과 경남지역의 단수 함수는 모형적합성이 높았으나 전남과 기타지역은 상대적으로 모형적합도가 낮은 것으로 나타났다. 그러나 Theil의 불균등계수는 모두 기준치를 충족하여 전남과 기타지역의 단수 함수 예측력은 어느 정도 확보된 것으로 판단된다.

〈표 4-8〉 단수 함수의 예측력 검증결과

구분	RMSPE	MAPE	Theil' U1
경남	6.69	6.34	0.03
전남	20.34	15.76	0.09
기타	10.73	9.55	0.06

자료: 저자 작성

일본, 미국 및 기타국가 수출 함수에 대한 예측력 검정 결과 RMSPE는 모든 함수에서 기준치인 10%를 벗어났으며, MAPE는 미국 수출 함수가 13.55%로 기준치를 벗어나는 것으로 나타났다. 이는 수출에 영향을 미치는 요인은 매우 방대하지만 모형에서 이러한 부분을 충분히 고려할 수 없었기 때문인 것으로 판단된다. 그러나 Theil's U1 기준치는 모든 함수가 만족하는 것으로 나타나 수출 함수의 예측력은 확보된 것으로 보인다.

〈표 4-9〉 수출 함수의 예측력 검정결과

구분	RMSPE	MAPE	Theil' U1
일본	11.21	9.62	0.06
미국	15.47	13.55	0.09
기타	12.16	9.65	0.07

자료: 저자 작성

마지막으로 역수요함수(도매가격)에 대한 예측력 검정을 시행하였다. 검정 결과, RMSPE, MAPE, Theil's U1 모두 기준치 내에 있어 예측력이 양호하였다. RMSPE, MAPE는 5% 정도이고, Theil's U1은 0.03로 나타나 예측력이 뛰어난 것으로 나타났다.

〈표 4-10〉 역수요함수(도매가격)의 예측력 검정결과

구분	RMSPE	MAPE	Theil' U1
역수요함수(도매가격)	5.37	4.88	0.03

자료: 저자 작성

## 05

# 굴 중장기 수급전망 및 정책 시뮬레이션

### 제1절 주요 수급지표 전망 결과

#### 1. 주요 외생변수 가정

본 연구를 통해 구축한 굴 중장기 수급전망모형을 이용하여 굴 수급 및 가격 관련 주요 지표들을 전망하였다. 전망기간은 총 3개년으로 2023년부터 2025년(2023~2025년산)까지 설정하였다. 주요 지표 전망을 위한 외생 변수들은 다음과 같이 가정하였다.<sup>10)</sup>

먼저 인구는 통계청의 「장래인구추계」 전망치를 이용하였으며, GDP와 소비자물가지수는 한국은행 「경제전망보고서(2022. 8)」의 실질 GDP 성장률과 소비자물가지수 상승률 전망 자료를 이용하여 도출하였다. GDP디플레이터는 3년 이동평균을 적용하였으며, 생산자물가지수는 5년 평균 증감률을 적용하였다. 환율은 현실적으로 전망에 어려움이 있어 2022년 현재

10) 시설량 및 단수, 산지가격은 2022년 확정치 자료가 존재하나, 그 외 변수는 2021년까지 확정치 자료를 이용 가능하다. 따라서 2023~2025년 전망을 위해 2022년은 현재(2022년 9월)까지의 통계자료 및 모형 추정치를 활용하여 잠정치를 도출한 뒤 전망에 이용하였다.

수준이 계속 유지되는 것으로 가정하였다. 굴 수하식양식 경영비(건당 소요액)는 엑셀(Excel)의 FORECAST 함수를 이용하여 5개년 추세를 반영하여 도출하였으며 지역별 최대 수온은 5년 이동평균을 가정하였다.

〈표 5-1〉 주요 지표 전망을 위한 외생변수 가정

구분	2023	2024	2025	가정
인구(천 명)	51,558	51,500	51,448	통계청 장래인구추계
GDP(십억 원, 명목)	2,179,026	2,231,684	2,269,204	한국은행 경제전망보고서
GDP디플레이터	104.3	104.1	104.2	3년 이동평균
생산자물가지수	109.7	109.8	109.8	5년 평균 증감률
소비자물가지수	103.4	103.6	103.8	한국은행 경제전망보고서
대미환율(원/달러)	1,144	1,144	1,144	불변
수하식 건당 소요액	30,737	32,027	33,317	FORECAST 함수(5년)
최대 수온	-	-	-	5년 이동평균

자료: 저자 작성

## 2. 굴 수급 및 가격 지표 전망결과

굴 수급 및 가격 지표를 전망한 결과, 2025년 굴의 총생산량은 29,910톤으로 2022년 대비 연평균 0.9%씩 증가할 것으로 나타났으며, 총생산액(명목)은 2022년 2억 7,023만 원에서 2025년 2억 8,240만 원으로 연평균 1.5%가 증가할 것으로 전망되었다.

산지가격은 2022년 9,325원/kg에서 2025년 9,485원/kg으로, 도매가격은 2022년 12,865원/kg에서 13,061원/kg으로 상승세를 보일 것으로 나타났으며, 마지막으로 총수출량은 2022년 15,841톤에서 연평균 1.8% 감소하여 2025년에는 14,987톤을 기록할 것으로 전망되었다.

〈표 5-2〉 굴 수급 및 가격 지표 전망결과

구분	실제치	전망치			2023~25 연평균 증감률(%)
	2022년	2023년	2024년	2025년	
총생산량(톤)	29,119	29,755	29,752	29,910	0.9
총생산액(명목, 천 원)	270,225	274,560	277,994	282,396	1.5
산지가격(원/kg)	9,325	9,274	9,389	9,485	0.6
도매가격(원/kg)	12,865	12,819	12,959	13,061	0.5
총수출량(톤)	15,841	15,530	15,257	14,987	-1.8

주: 2022년은 잠정치이며, 수출량은 수율을 적용하여 원어량(原物)으로 환산한 값임  
자료: 저자 작성

〈그림 5-1〉 굴 수급 및 가격 지표 전망 추이



자료: 저자 작성

---

## 제2절 정책 시뮬레이션 분석

### 1. 정책 시나리오 설정

본 연구를 통해 구축된 굴 중장기 수급전망모형을 이용하여 다양한 시나리오를 적용하여 정책 시뮬레이션을 실시하고 그 파급효과를 분석하였다. 정책 시뮬레이션은 모형에 이용된 어떤 변수에 외생적인 충격을 주었을 때 생산량, 도매가격, 수출량 등 주요 수급관련 변수들이 어떻게 반응하는지를 파악하는 일종의 민감도 분석이다. 이는 구축된 모형의 적합성이나 안정성을 검토하기 위한 방법으로 이용하기도 한다.

정책 시뮬레이션 분석 수행을 위해서는 변수들의 반응을 확인하기 위한 기준전망치 설정이 필요하다. 따라서 앞서 구축한 모형을 통해 추정된 주요 수급지표들의 전망 결과를 기준전망치로 설정하였다. 이후 정책 시뮬레이션을 수행하고자 하는 특정 외생 변수에 충격을 주어 그에 따른 내생 변수의 변동을 도출하여 파급효과를 계측하였다. 이 때 파급효과는 외생 변수의 충격 시나리오에 의해 도출된 내생 변수의 수치와 앞서 설정한 기준전망치의 상호 비교를 통해 확인할 수 있다. 파급효과를 추정하는 식은 다음과 같다.

$$\text{파급효과}(\%) = \frac{\text{시나리오 전망치}(Y_t^s) - \text{기준전망치}(Y_t^b)}{\text{기준전망치}(Y_t^b)} \times 100 \quad [\text{식 5-1}]$$

본 연구에서는 다양한 시나리오 분석을 실시하였는데, 시나리오는 정책적인 활용성, 국제환경변화, 기후변화 등을 고려하여 시설량 감소, 환율 상승, 고수온으로 인한 작황 부진으로 구성하였다. 일반적으로 시나리오 설정은 내생변수가 아닌 외생변수에 충격을 주는 방식을 이용하나, 본 분석에

서는 양식면허 조정에 따른 시설량 감소 등 정책적 영향 분석을 위해 내생 변수인 시설량에 충격을 주었다. 그 이외에 나머지 시나리오는 외생변수(수온, 환율)에 충격을 부여하여 분석하였다. 특히 환율의 경우 최근의 강달러 현상을 반영하기 위해 상승시나리오를 상대적으로 높여서 설정하였다.

모든 시나리오는 2023년의 해당 변수에만 충격을 주고 그에 따른 파급 효과를 분석하였으며, 모형 추정에 투입된 시계열의 길이를 고려하여 3개년(2025년산)까지만 파급효과를 추정하였다. 따라서 시간이 흐른 시점인 2025년산의 수급지표는 충격이 완화된 결과가 도출될 가능성이 높다.

〈표 5-3〉 시뮬레이션 시나리오 설정

구분	내용
시나리오 1	2023년산 경남, 전남 시설량 5%, 10%, 15% 감소
시나리오 2	2023년 원달러 환율 1,200원, 1,400원, 1,600원 기록
시나리오 3	최근 5년 평균 대비 2023년산 경남 지역 수온 0.5℃, 1℃ 상승

자료: 저자 작성

## 2. 시나리오별 시뮬레이션 결과

### 1) 시나리오 1 : 경남 및 전남 시설량 감소

#### (1) 시나리오 1-1 : 경남 및 전남 시설량 5% 감소

굴 양식 시설량은 생산량에 영향을 미치는 중요한 요인으로, 대부분 2,000~2,300만 연 사이를 기록하였다. 그러나 최근 가리비양식으로의 전환 등의 움직임과 정부에서 신규면허 공급을 제한하는 등의 현실을 반영한다면 시설량 감소에 대한 분석이 필요하다. 따라서 본 연구에서는 2023년산부터 시설량이 감소하는 경우의 파급효과 분석을 위해 경남과 전남 지역의 시설량이 2022년산 대비 5%, 10%, 15% 감소하는 시나리오를 설정하였다.

〈표 5-4〉 시설량 5% 감소 시 주요 지표 변화

구분	2023년산			2025년산		
	기준 전망치	5% 감소	증감률 (%)	기준 전망치	5% 감소	증감률 (%)
총생산량(천 톤)	29,755	28,289	-4.93	29,910	29,823	-0.29
총생산액(명목, 천 원)	274,560	268,728	-2.12	282,396	282,260	-0.05
산지가격(원/kg)	9,274	9,542	2.89	9,485	9,507	0.23
도매가격(원/숙)	12,819	13,129	2.42	13,061	13,087	0.20
총수출량(천 톤)	15,530	15,172	-2.31	14,987	15,001	0.09

자료: 저자 작성

우선 경남과 전남의 시설량이 5% 감소했을 때의 시뮬레이션 결과, 2023년산 굴 생산량은 기준 전망치 대비 4.93% 감소하는 것으로 나타났으며, 이로 인해 산지가격과 도매가격이 각각 2.89%, 2.42% 상승함에 따라 생산금액은 2.12% 감소하는데 그쳤다. 또한 생산이 줄면서 수출량은 기준 전망치보다 2.31% 감소하는 것으로 나타났다. 2025년에는 2023년의 시설량 감소 충격이 다소 완화되면서 총생산량은 기준 시나리오보다 0.29% 줄고, 산지가격과 도매가격은 0.23%, 0.200% 상승하는 것으로 나타났다. 생산량 회복에 따라 수출량도 기준전망치 대비 0.09% 상승할 것으로 전망되었다.

## (2) 시나리오 1-2 : 경남 및 전남 시설량 10% 감소

경남과 전남의 시설량이 10% 감소했을 경우에는 2023년산 굴 생산량은 기준 전망치 대비 9.85% 감소하는 것으로 전망되었다. 생산량 감소로 산지가격과 도매가격이 각각 7.86%, 6.55% 상승하면서 생산금액은 2.62% 감소하는데 그쳤다. 또한 생산이 줄면서 수출량은 기준 전망치보다 1.13% 감소하는 것으로 나타났다. 2025년에는 2023년의 시설량 감소 충격이 다소 완화되면서 총생산량은 기준 시나리오보다 0.56% 줄고, 산지가격과 도매가격은 0.46%, 0.38% 상승하는 것으로 나타났다.



〈표 5-5〉 시설량 10% 감소 시 주요 지표 변화

구분	2023년산			2025년산		
	기준 전망치	10% 감소	증감률 (%)	기준 전망치	10% 감소	증감률 (%)
총생산량(천 톤)	29,755	26,823	-9.85	29,910	29,743	-0.56
총생산액(명목, 천 원)	274,560	267,368	-2.62	282,396	282,137	-0.09
산지가격(원/kg)	9,274	10,003	7.86	9,485	9,528	0.46
도매가격(원/속)	12,819	13,659	6.55	13,061	13,111	0.38
총수출량(천 톤)	15,530	15,355	-1.13	14,987	15,014	0.18

자료: 저자 작성

### (3) 시나리오 1-3 : 경남 및 전남 시설량 15% 감소

경남과 전남의 시설량이 15% 감소했을 경우에는 2023년산 굴 생산량은 기준 전망치 대비 14.78% 감소하는 것으로 나타났으며, 이로 인해 산지가격과 도매가격이 각각 13.36%, 11.09% 상승함에 따라 생산금액은 3.16% 감소하는 데 그쳤다. 또한 생산이 줄면서 수출량은 기준 전망치보다 0.83% 감소하는 것으로 나타났다. 2025년에는 2023년의 시설량 감소 충격이 다소 완화되면서 총생산량은 기준 시나리오보다 0.80% 줄고, 산지가격과 도매가격은 0.68%, 0.56% 상승하는 것으로 나타났다.

〈표 5-6〉 시설량 15% 감소 시 주요 지표 변화

구분	2023년산			2025년산		
	기준 전망치	15% 감소	증감률 (%)	기준 전망치	15% 감소	증감률 (%)
총생산량(천 톤)	29,755	25,358	-14.78	29,910	29,669	-0.80
총생산액(명목, 천 원)	274,560	265,885	-3.16	282,396	282,026	-0.13
산지가격(원/kg)	9,274	10,513	13.36	9,485	9,550	0.68
도매가격(원/속)	12,819	14,240	11.09	13,061	13,134	0.56
총수출량(천 톤)	15,530	15,401	-0.83	14,987	15,027	0.27

자료: 저자 작성

## 2) 시나리오 2 : 환율 변동

### (1) 시나리오 2-1 : 2023년 원달러 환율 1,200원

굴은 여러 국가로의 수출이 활발한 품목이므로, 환율의 변화에 따른 영향 분석이 필요하다. 특히 2022년 하반기부터는 전 세계적으로 달러가 강세를 보이고 있음에 따라 우리나라의 원달러 환율도 크게 상승하였다. 따라서 2023년 환율시나리오를 1,200원, 1,400원, 1,600원 세 가지로 구성하여 시나리오별 굴의 주요 수급지표변화를 살펴보았다.

최근 달러 강세 현상이 2023년 들어 해소되면서 환율이 1,200원으로 안정화 될 경우에는 2023년산 총수출량이 기준 전망치 대비 0.97% 증가하였으며 2025년산은 0.90% 증가하는 것으로 나타났다. 2023년산 생산량은 2023년 환율에 충격이 주어지면서 즉각적인 변화는 없었으나, 2025년에는 기준 전망치보다 0.04% 증가하는 것으로 나타났다. 환율이 1,200원일 경우에는 굴의 주요 수급지표들이 생산량을 제외하고는 모두 강보합세를 보일 것으로 전망되었다.

〈표 5-7〉 환율 1,200원 시 주요 지표 변화

구분	2023년산			2025년산		
	기준 전망치	환율 1,200원	증감률 (%)	기준 전망치	환율 1,200원	증감률 (%)
총생산량(천 톤)	29,755	29,755	0.00	29,910	29,921	0.04
총생산액(명목, 천 원)	274,560	275,607	0.38	282,396	283,344	0.34
산지가격(원/kg)	9,274	9,308	0.37	9,485	9,512	0.29
도매가격(원/속)	12,819	12,859	0.31	13,061	13,093	0.24
총수출량(천 톤)	15,530	15,680	0.97	14,987	15,121	0.90

자료: 저자 작성

## (2) 시나리오 2-2 : 2023년 원달러 환율 1,400원

두 번째 환율 시나리오는 최근의 달러 강세현상이 유지되면서 환율이 1,400원을 기록하는 경우이다. 일반적으로 환율이 상승할 경우 원화가 평가절하 되어 수출이 증가한다. 시뮬레이션 결과도 이와 동일하게 2023년산 총수출량이 기준전망치 대비 5.50% 증가하는 것으로 나타났다. 2023년산 생산량은 2023년 환율에 충격이 주어지면서 즉각적인 변화는 없었으나, 2025에는 기준 시나리오보다 0.22% 증가하는 것으로 나타났다.

〈표 5-8〉 환율 1,400원 시 주요 지표 변화

구분	2023년산			2025년산		
	기준 전망치	환율 1,400원	증감률 (%)	기준 전망치	환율 1,400원	증감률 (%)
총생산량(천 톤)	29,755	29,755	0.00	29,910	29,977	0.22
총생산액(명목, 천 원)	274,560	280,720	2.24	282,396	287,965	1.97
산지가격(원/kg)	9,274	9,478	2.20	9,485	9,647	1.71
도매가격(원/속)	12,819	13,055	1.84	13,061	13,248	1.43
총수출량(천 톤)	15,530	16,384	5.50	14,987	15,757	5.14

자료: 저자 작성

## (3) 시나리오 2-3 : 2023년 원달러 환율 1,600원

세 번째 환율 시나리오는 최근의 달러 강세현상이 더욱 심화하면서 환율이 1,600원을 기록하는 경우이다. 전망결과 2023년산 총수출량이 기준전망치 대비 9.44% 증가하는 것으로 나타났다. 2023년산 생산량은 즉각적인 변화는 없었으나, 2025에는 기준 시나리오보다 0.39% 증가하는 것으로 나타났다.

〈표 5-9〉 환율 1,600원 시 주요 지표 변화

구분	2023년산			2025년산		
	기준 전망치	환율 1,600원	증감률 (%)	기준 전망치	환율 1,600원	증감률 (%)
총생산량(천 톤)	29,755	29,755	0.00	29,910	30,028	0.39
총생산액(명목, 천 원)	274,560	285,475	3.98	282,396	292,135	3.45
산지가격(원/kg)	9,274	9,635	3.90	9,485	9,768	2.98
도매가격(원/숙)	12,819	13,237	3.26	13,061	13,387	2.50
총수출량(천 톤)	15,530	16,997	9.44	14,987	16,303	8.78

자료: 저자 작성

### 3) 시나리오 3 : 수온 상승

#### (1) 시나리오 3-1 : 경남 및 전남 수온 0.5℃ 상승

고수온은 굴의 성장을 더디게 하고 헤르페스바이러스 등의 바이러스성 질병을 초래하는 요인으로, 굴 시설량당 생산량에 큰 영향을 미친다. 이에 굴 중장기 수급전망모형의 단수예측함수에 투입된 수온변수가 전년도 대비 0.5도 상승했다고 가정했을 때의 주요 지표 파급효과를 살펴보았다. 수온은 주요 산지인 경남(통영)과 전남(여수) 지역에서 평년보다 0.5도 상승한 것으로 시나리오를 설정하였다.

시뮬레이션 결과, 2023년산 굴 생산량은 기준 전망치 대비 1.69% 감소하는 것으로 나타났으며, 이에 따라 수출량은 0.42% 감소하고 산지가격과 도매가격은 각각 1.10%, 0.92% 상승하는 것으로 나타났다. 2025년에는 고수온의 여파가 다소 완화되어 총생산량은 0.46% 감소하고 산지가격과 도매가격은 각각 0.02%, 0.02% 상승하였다. 총생산액은 0.43% 감소하는 것으로 나타났다.

〈표 5-10〉 수온 0.5℃ 상승 시 주요 지표 변화

구분	2023년산			2025년산		
	기준 전망치	0.5℃ 상승	증감률 (%)	기준 전망치	0.5℃ 상승	증감률 (%)
총생산량(천 톤)	29,755	29,253	-1.69	29,910	29,773	-0.46
총생산액(명목, 천 원)	274,560	272,960	-0.58	282,396	281,175	-0.43
산지가격(원/kg)	9,274	9,376	1.10	9,485	9,487	0.02
도매가격(원/속)	12,819	12,937	0.92	13,061	13,064	0.02
총수출량(천 톤)	15,530	15,464	-0.42	14,987	14,861	-0.84

자료: 저자 작성

## (2) 시나리오 3-2 : 경남 및 전남 수온 1℃ 상승

주요 산지인 경남(통영)과 전남(여수) 지역에서 수온이 평년보다 1℃ 상승했을 경우에는 2023년산 굴 생산량은 기준 전망치 대비 3.30% 감소하는 것으로 나타났으며, 이에 따라 수출량은 0.27% 감소하고 산지가격과 도매 가격은 각각 2.43%, 2.04% 상승하는 것으로 나타났다. 2025년에는 고수온의 여파가 다소 완화되어 총생산량은 0.89% 감소하고 산지가격과 도매 가격은 각각 0.23%, 0.19% 상승하였다. 총생산액은 0.65% 감소하는 것으로 나타났다.

〈표 5-11〉 수온 1℃ 상승 시 주요 지표 변화

구분	2023년산			2025년산		
	기준 전망치	1℃ 상승	증감률 (%)	기준 전망치	1℃ 상승	증감률 (%)
총생산량(천 톤)	29,755	28,773	-3.30	29,910	29,645	-0.89
총생산액(명목, 천 원)	274,560	272,086	-0.90	282,396	280,551	-0.65
산지가격(원/kg)	9,274	9,500	2.43	9,485	9,507	0.23
도매가격(원/속)	12,819	13,080	2.04	13,061	13,086	0.19
총수출량(천 톤)	15,530	15,488	-0.27	14,987	14,819	-1.12

자료: 저자 작성



## 06

# 결론 및 제언

### 제1절 요약 및 결론

---

본 연구에서는 국내 패류양식에서 중요도가 높은 품목인 굴의 중장기 수급전망을 고도화하고 단기수급전망모형의 한계를 극복하기 위해 굴 중장기 수급전망모형을 구축하였으며 미래 수급지표들을 전망하였다. 주요 연구 결과를 요약하면 다음과 같다.

우선, 계량경제학 기반의 수급전망모형 선행연구를 검토하였다. 선행연구는 농업부문과 수산업부문으로 나누어 국내외 전망모형 구축 및 운용 사례들을 살펴보았다. 선행연구의 경우 수급전망모형 관련 연구와 함께 시계열 분석 등 다른 기법을 통한 전망 관련 연구들도 다수 검토하였다. 또한 굴 양식어업의 특징을 최대한 반영한 굴 중장기 수급전망모형 기초 설계를 위해 굴 양식업 동향 및 수급 자료의 특징을 분석하고 모형에 반영해야 하는 시사점을 제시하였다.

이러한 선행연구와 굴 양식어업의 특성을 검토해 모형 구축을 위한 기본 방향을 설정하였다. 계절성이 강하고 비탄력적인 굴의 공급특성을 고려하기 위해 축차형 방식으로 균형가격을 도출하였고, 지역별 특성을 반영하기

---

위해 패널분석방법을 이용하여 시설량 함수를 추정하였다. 단수 함수 역시 지역별 특성을 고려하였으며 수온변수를 추가적으로 투입하였다. 수출 함수는 주요 수출국인 미국과 일본은 개별 수출 함수를 구축하여 활용성을 높였다. 마지막으로 효과적인 모형운용을 위해 엑셀 기반의 수급전망모형을 구축하였다. 앞의 분석들을 통해 최종적으로 굴 중장기 수급전망모형의 구조를 설정하고 도식화 하였다.

제4장에서 개발방정식을 추정하였으며 함수별 예측력을 검정하였다. 시설량 함수 추정 결과 기대가격이 1% 상승할 때 지역별 시설량은 0.09% 증가하는 것으로 나타났다. 단수 함수에는 기술진보를 의미하는 추세변수와 수온을 설명변수로 투입하였는데 여기초인 11월의 수온상승에 유의한 영향을 보이고 있었다. 수출 함수는 1988년부터 2021년까지의 자료를 이용하여 주요 국가별로 추정하였다. 역수요함수에서는 1인당 국민처분가능소득의 계수가 0.7841로 소득의 영향이 상대적으로 큰 것으로 나타났다.

개별방정식의 예측력 검정결과 모든 함수들의 Theil's U1값이 0.1 이하로, 예측력이 양호한 것으로 나타났다. 그러나 단수 함수와 수출 함수는 RMSPE와 MAPE 값이 기준치를 상회하는 경우가 있는데 이는 단수와 수출에는 매우 다양한 요인들이 영향을 미치고 있는데 이를 모형에서 모두 고려하기에 어렵기 때문에 발생한 것으로 판단된다.

아울러 구축된 모형을 토대로 생산량, 생산금액, 산지가격 등 주요지표를 전망하고 이를 기준전망치로 두고 시설량 감소, 환율 상승, 수온 상승 등의 충격이 발생했을 시 주요 지표가 어떻게 변화하는지를 분석하였다. 우선 시설량이 10% 감소한 경우 2023년산 굴 총생산량이 기준 전망치보다 9.85% 감소하고, 도매가격은 6.55% 상승하였다. 환율이 1,400원 수준으로 2023년도에도 고환율 현상이 지속될 경우에는 총 수출량이 기준 전망치보다 5.50% 증가하는 모습을 보였다. 수온이 0.5℃ 상승했을 때는



총 생산량이 1.69% 감소하고 도매가격이 0.92% 상승하는 것으로 시나리오별 파급효과가 도출되었다.

어선어업으로 인한 수산물 생산이 점차 감소하고 있는 상황에서 안정적인 단백질 공급이 가능한 양식 수산물의 중요성은 더욱 커지고 있다. 특히 굴은 특유의 맛과 풍부한 영양성분으로 인해 국내외에서 모두 인기를 얻고 있는 품목이다. 그러나 최근 코로나19로 인한 소비트렌드의 변화, 고수온 등 기상현상에 따른 작황부진 등의 대내외적 여건으로 수급불안정성이 발생하였다. 이러한 수급불안정은 굴 양식어업의 장기적인 정책방향 설정과 중장기 발전전략수립을 어렵게 하는 요인이 된다. 따라서 불안정성 완화를 위한 계량경제학 기반의 모형을 통해 합리적인 전망치를 제공하는 것이 중요하다. 특히 굴은 특정 생산여기가 정해져 있는 품목이기 때문에 이를 고려한 전망이 가능한 수급전망모형의 구축이 필요하다.

이러한 배경에서 본 연구는 경제적 인과관계를 반영한 구조모형으로 구축하기 위해 굴의 수급특성 및 변수별 경제적 인과관계를 고려하여 개별 방정식을 추정하였으며 최종적인 연립방정식 모형을 구축하였다.

둘째로 모형의 현실설명력 제고를 위해 굴의 여기에 맞는 연산별 수급 전망체계로 구축하였다. 굴은 여름철 양성을 시작하여 가을부터 다음해 봄까지 출하되는데 회계연도를 기준으로 분석할 경우 생산여기와 맞지 않아 굴의 특성을 온전히 반영한 전망치를 도출하기가 어렵다. 이런 문제점을 해결하고자 가능한 연산별 자료를 수집하고 전망이 가능하도록 모형을 구축하였다.

마지막으로 정책적 활용성을 높이기 위해 정책 시뮬레이션 분석을 수행할 수 있는 모형을 구축하였다. 특히 최근의 엔저현상과 달러강세현상을 반영할 수 있는 시나리오와 기상요인의 변화에 대한 시나리오 등을 설정하여 본 연구를 통해 구축된 모형으로 파급효과를 분석하였다.

---

## 제2절 제언

---

### 1. 본 연구 기여

어선어업으로 인한 수산물 생산이 점차 감소하고 있는 상황에서 안정적으로 단백질을 공급할 수 있는 양식 수산물의 중요성은 더욱 커지고 있다. 특히 굴은 특유의 맛과 풍부한 영양성분으로 인해 국내외에서 모두 인기를 얻고 있는 품목이다. 그러나 최근 코로나19로 인한 소비트렌드 변화, 고수온 등 기상현상에 따른 작황부진 등의 대내외적 여건으로 수급불안정성은 지속되고 있다.

이러한 수급불안정은 굴 양식어업의 장기적인 정책방향 설정과 중장기 발전 전략수립을 어렵게 하는 요인이 된다. 따라서 중장기적인 측면에서 굴의 수급변화에 대해서 합리적으로 전망하고, 수급불균형이 발생할 우려가 있는 경우 이에 대한 대응방안을 마련하는 것이 중요한 과제라고 볼 수 있다. 특히 굴은 특정 생산어기가 정해져 있는 품목이기 때문에 이를 고려한 합리적인 전망치를 제공하는 것이 중요하기 때문에 본 연구의 기여는 다음과 같다.

첫째, 연산별로 굴의 어기를 고려하여 중장기 시점에서 수급전망이 가능한 모형을 구축하였다. 굴 단기에측모형의 경우 월별로 전망치가 도출되는 구조인데 굴의 어기를 일부 고려할 수는 있으나 6개월 이상 중장기 전망치를 도출하는데 한계가 존재한다. 또한 총량모형인 「KMI-FOSiM」은 1년 단위로 중장기 전망이 가능하지만 1월~12월까지의 회계연도를 기준으로 구축되어 있어, 연산별 전망이 어렵다는 단점이 있다. 본 연구의 의의는 기존의 굴 단기수급전망모형의 한계점을 개선하였다는 점이다. 따라서 본 연구에서 구축된 모형을 이용하면 전망대회 등 장기적인 수급전망자료를 공표하는 경우 신뢰도 높은 전망치를 제공할 수 있다.

둘째, 본 모형을 통해 대내외적으로 수급에 영향을 미치는 요인의 변화로 인한 충격에 사전 대응이 가능하도록 기초자료를 제공할 수 있다. 기존의 모형에서는 고수온으로 인한 폐사, 최근의 강달러 현상 등이 국내 굴 수급에 미치는 영향을 정량적으로 전망하는데 한계가 존재하였다. 그러나 본 모형에서는 대내외적으로 수급 요인들에게 변화가 생겼을 때 이에 따른 정량적 전망치를 도출하는 것이 가능하다. 이러한 전망치를 제공할 경우 사전에 양식어가 및 정책당국에 수급 변화에 대한 정보를 미리 제공할 수 있다는 점에서 의의가 있다.

셋째, 정책 시뮬레이션을 통한 증장기 굴 양식 및 수급정책을 지원할 수 있다. 특히 시설량 관련 시나리오는 정부의 어장관리에 대한 영향이 수급에 어떤 영향을 미치는지 분석이 가능하다. 또한 코로나19와 같이 정부에서 양식어가에 대한 정책적 지원을 수행해야하는 경우 이를 양식어가의 기대 수익률에 반영하여 수급지표들이 어떻게 변화하는지에 관한 분석도 수행할 수 있다. 시나리오분석 외에도 굴과 같은 어기가 있는 품목은 어기초 해당 연산의 수급지표 전망을 통해 정부의 정책방향과 어가의 합리적 의사결정에 도움을 줄 수 있다.

## 2. 제언

본 연구를 통해 굴 증장기 수급전망모형을 구축하고 이를 이용하여 향후 수급에 대한 전망치를 도출하였다. 또한 정책 시뮬레이션은 현재 상황에서 굴 수급과 관련하여 정책적인 중요도가 높을 것으로 판단되는 시나리오를 선정하여 수행하였다. 이와 같이 본 연구의 목적을 달성할 수 있는 증장기 굴 수급전망모형을 구축하였으나 몇 가지 연구의 한계점이 존재한다. 첫째, 단수예측함수에 다양한 기상요인들을 고려하지 못하였다. 굴은 수온에 가장 민감하게 반응하지만 이외에도 풍속, 강수량, 영양염류 등 다양한 요인

---

들이 굴의 양성에 영향을 미친다. 그러나 본 연구에서는 수온만을 고려하여 단수 함수를 구축하였는데 이는 기상요인 관련 시계열자료가 부족하고, 나아가 각 요인들이 굴의 양성에 어떠한 영향을 미치는지에 대한 명확한 연구가 진행되지 않았기 때문이다. 일례로 강풍으로 인해 수하연에서 굴이 탈락하는 피해를 입었지만 시설에 남아있는 굴의 발육에는 긍정적인 영향을 미쳐 비만도가 좋은 경우도 있다. 따라서 명확한 인과관계가 존재하지 않는 변수의 경우 모형에 투입했을 때 그 결과가 올바른지에 대한 판단을 내리기 어렵다.

둘째, 개별방정식 분석에 이용된 데이터 기간이 짧아 일부 방정식의 경우 설명력이 낮게 도출되었다. 이로 인해 전체적인 일부 변수는 경제학적으로 중요한 변수임에도 불구하고 유의미한 영향을 미치지 못하는 것으로 나타나는 등 결과가 다소 좋지 않게 나타났다. 향후 지속적으로 자료가 축적되고 분석할 수 있는 시계열이 늘어나면 보다 견고한 모형을 구축할 수 있을 것으로 판단된다.

셋째, 수급전망모형이 가지는 근본적인 한계와 관련한 점이다. 수급전망 모형은 일반적으로 과거의 축적된 자료를 이용하기에 기존 시계열의 움직임만을 반영한다. 특히 자료의 길이가 길거나, 자료의 단위가 1년과 같이 긴 경우에는 예상할 수 없는 기상요인이나 대내외적 불확실성을 고려하기가 더욱 어렵다. 태풍피해와 같은 이상 현상이 발생하였더라도 1년 단위의 통계에서는 태풍의 영향이 매우 제한적으로 반영될 수 밖에 없다. 따라서 수급전망모형은 예측하기 어려운 천재지변이나 코로나19와 같은 대내외적 불확실성까지 예측하기에는 한계가 존재한다.

이와 같은 한계를 극복하기 위해서는 지속적인 연구를 통해 모형을 유지·보수하여 모형의 가치를 제고시켜야 한다. 이에 향후 정밀한 수급 전망치 도출 및 굴 중장기 수급전망모형의 고도화를 위해 모형의 운용 및 관리 차원에서 보완이 필요한 과제들을 검토하면 다음과 같다.

첫째, 모형을 통해 도출된 개별방정식 계수의 크기와 방향에 대한 지속적인 협의가 이루어져야 한다. 수급전망모형 구조설정 및 개별방정식 구축과 관련하여 학계, 연구계, 어업현장 등 다양한 분야의 전문가 검토 및 협의를 통해 변수들을 도출하였으나 이후에도 계수의 크기와 방향에 대해서 연구협의회 등을 통해 지속적으로 검토하는 작업이 이루어져야 할 것이다. 굴의 수급구조는 시기에 따라서 혹은 대내외적 요인에 의해 달라질 수 있고, 향후 지속적으로 모형의 업데이트를 진행하면서 각 변수들의 계수가 변하게 될 것이므로, 이와 관련하여 전문가 검토도 정기적으로 수행할 필요가 있다.

둘째, 모형의 현실 설명력 강화를 위해 주요 변수를 수집하기 위한 후속 연구를 수행해야 한다. 그러나 실제 DB 구축 단계에서 살펴본 결과, 경영비 등 미 구축된 통계와 함께 데이터가 존재하더라도 시계열이 짧거나 불안정하여 모형 구축에 직접 활용하기 어려운 데이터가 많았다. 따라서 구축된 모형의 개별방정식 중 전망치가 불안정한 방정식들은 추가연구를 통해 영향을 미치는 요인에 대한 분석이 필요하다. 데이터가 미비한 경우에는 신규로 구축 할 수 있는 방안을 검토해 볼 필요가 있다.

셋째, 정책적 활용도 제고를 위해 기존의 단기예측모형과 연계를 시킬 수 있는 후속연구가 필요하다. 본 연구를 통해 구축한 모형은 연산별 전망이 가능한 중장기 전망모형으로, 상대적으로 시계열이 긴 중장기 전망이 가능하다는 장점은 있으나, 단기적인 파급효과에 관한 영향분석을 하기에는 제한적인 한계점이 있다. 따라서 기존에 운용중인 월별 단기예측모형과 전망치를 연계시켜 복합적으로 운용할 수 있는 시스템을 구축하기 위한 연구가 수행되어야 할 것이다.

넷째, 균형가격 도출 방식을 동시균형모형으로 구축하는 연구가 필요하다. 본 연구에서는 굴의 비탄력적인 공급구조를 반영하고, 시계열길이의 한계로 인해 축차형모형으로 구축하였으나 향후 자료가 누적되어 충분한

---

시계열의 길이가 확보되고 신뢰성이 제고된다면 수요와 공급이 일치하는 부분에서 균형가격이 도출되는 동시균형모형을 모형에 적용하여 굴의 수급 분석을 다양화하는 연구가 수행되어야 한다.

마지막으로 모형 구축 이후 통계 DB와 개별방정식, 모형 구조에 대한 지속적인 업데이트와 유지·보수가 필요하다. 지속적인 개편이 없다면 모형의 설명력은 시간이 지남에 따라 떨어질 수밖에 없기 때문에, 모형의 정책적 활용성 또한 낮아진다. 따라서 단순한 통계 DB 업데이트를 포함하여 모형의 예측력을 유지하거나 높이기 위한 개편 작업을 지속적으로 수행하여야 한다.

## 참고문헌

### 국내 문헌

---

- 김명환 외(2000), 주요 채소·과일의 수급함수 추정, 한국농촌경제연구원.
- 김명환 외(2007), 농업부문 전망모형 구축 연구: 1/2차연도, 한국농촌경제연구원.
- 김명환 외(2008), 농업부문 전망모형 구축 연구: 2/2차연도, 한국농촌경제연구원.
- 김명환 외(2012), 농업부문 전망모형 KREI-KASMO 2012 운용·개발 연구, 한국농촌경제연구원.
- 김명환 외(2013), 농업부문 전망모형 KREI-KASMO 2013 운용·개발 연구, 한국농촌경제연구원.
- 김연중 외(2006), 배추 계절별 수급모형 개발, 한국농촌경제연구원.
- 민인식·최필선(2013), 『STATA, 패널데이터분석』, 지필미디어.
- 박미선 외(2016), 참굴 양식표준매뉴얼, 국립수산물과학원.
- 박지연·김태우(2014), 농업부문 전망모형 KREI-KASMO 2014 운용·개발 연구, 한국농촌경제연구원.
- 서흥석·김충현(2016), 농업부문 전망모형 KREI-KASMO 2016 운용·개발 연구, 한국농촌경제연구원.
- 서흥석·김충현·김문희(2018), 농업부문 전망모형 KREI-KASMO 2018 운용·개발 연구, 한국농촌경제연구원.
- 서흥석·김충현·김준호(2020), 농업부문 전망모형 KREI-KASMO 2020 운용·개발 연구, 한국농촌경제연구원.

- 
- 서흥석 외(2017), 농업부문 전망모형 KREI-KASMO 2017 운용·개발 연구, 한국농촌경제연구원.
- 순병민(2019), The Use of Price Elasticity to Estimate Future Volatilities in Stochastic Simulation: an Application to the Korean Rice Market, 42(Special Issue), 농촌경제, pp.19-41.
- 이현동 외(2018), 수산부문 전망모형 「KMI-FOSiM」 구축 연구(1/2) - 양식산업 전망모형 구축을 중심으로, 한국해양수산개발원.
- 이현동·허수진·하현정(2019), 2019년 김 수급전망모형 운용·개편 연구, 한국해양수산개발원.
- \_\_\_\_\_(2019), 수산부문 전망모형 「KMI-FOSiM」 구축 연구(2차년도), 한국해양수산개발원.
- 조재환·박성경(2017.4.), 주요 수산물 품목별 수급전망모형 유지보수, 부산대학교 산학협력단.
- 조재환·정호중(2018.5.), 2017 주요 수산물 품목별 수급전망모형 유지보수, 부산대학교 산학협력단.
- 조재환·최세현·김배성(2016.5.), 주요 수산물 품목별 수급전망모형 유지보수, 부산대학교 산학협력단.
- 조재환 외(2014.12.), 2014년 수산물 품목별 수급전망모형 개발 사업(품목: 굴, 김, 광어), 부산대학교 산학협력단.
- 한국해양수산개발원(2021), 남해안 연승수하식 굴 양식의 종자 수급 분석.
- 한석호·이금호·장희수(2019.6.), 2018년 주요 수산물 품목별 수급전망모형 유지보수 -우럭 수급전망모형 개발-, 충남대학교 산학협력단.
- 한석호 외(2011), 기상요인을 고려한 단수예측모형 개발 연구, 한국농촌경제연구원.
- 한석호·장희수(2019.6.), 2018년 주요 수산물 품목별 수급전망모형 유지보수 -우럭 수급전망모형-, 충남대학교 산학협력단.
- \_\_\_\_\_(2020.2.), 2019년 주요 수산물 품목별 수급전망모형 유지보수 -전복 수급전망모형-, 충남대학교 산학협력단.
- \_\_\_\_\_(2020.12.), 2020년 주요 수산물 품목별 수급전망모형 유지보수 -광어 수급전망모형-, 충남대학교 산학협력단.
-



- 한석호·송성환(2021.11.), 2021년 수산물측 단기 수급예측모형(굴, 미역) 개편 연구  
용역, 충남대학교 산학협력단.
- 허수진 외(2020), 김 중기 수급전망모형 「Gim-MFoS」 구축 연구, 한국해양수산개발원.
- 허수진 외(2021), 주요 양식어류 수급전망 고도화를 위한 모형 구축 연구, 한국해양  
수산개발원.
- 홍현표 외(2003), 수산부문 총량모형 구축을 위한 기초적 연구, 한국해양수산개발원.
- 홍현표 외(2004), 수산부문 전망을 위한 총량모형의 구축, 한국해양수산개발원.

## 국외 문헌

- Benzer, R., & Benzer, S.(2015), Application of artificial neural network into the fresh  
water fish caught in Turkey, International of Fisheries and Aquatic Studies,  
2(5), pp. 341-346.
- Brosse, S., Lek, S., & Dauba, F.(1999), Predicting Fish Distribution in a Mesotrophic  
Lake by Hydroacoustic Survey and Artificial Neural Networks, American  
Society of Limnology and Oceanography, 44(5), pp. 1293-1303.
- Czerwinski, I. A., Gutierrez-Estrada, J. C., & Hernando-Casal, J. A.(2007), Short-term  
forecasting of halibut CPUE: Linear and non-linear univariate approaches,  
Fisheries Research, 86, pp. 120-128.
- Ezenwaji E. E. et al.(2014), An Analysis of the Relationship between Temperature  
Variation and Fish Production in Lagos, Nigeria, IOSR Journal of Agriculture  
and Veterinary Science, 7(11), pp. 38-43.
- Free, C. M. et al.(2019), Impacts of historical warming on marine fisheries production,  
Science, 363(6430), pp. 979-983.
- Ji, B. et al.(2007), Artificial neural networks for rice yield prediction in mountainous  
regions, Journal of Agriculture Science, 145, Cambridge University Press,  
pp. 249-261.
- Paul, R. K., & Das, M. K.(2010), Statistical modelling of inland fish production in  
India, Journal of the Inland Fisheries Society of India, 42(2), pp. 1-7.

- 
- Raman, R. K., Sathianandan, T. V., & Sharma, A. P.(2017), Modelling and forecasting marine fish production in Odisha using seasonal ARIMA model, *The National Academy of Sciences*, 40(6), pp. 393-397.
- Vikas, L., & Dhaka, V. S.(2014), Wheat yield prediction using artificial neural network and crop prediction techniques, *International Journal for Research*, 2(9), pp. 330-341.
- Gerlt, S., & Pat, W.(2019), FAPRI-MU Stochastic U.S. Crop Model Documentation, Food and Agricultural Policy Research Institute(FAPRI).
- Meyer, S., Binfield, J., & Westhoff, P.(2010), Interactions Between Energy Markets and Agricultural in the U.S.: A Stochastic Approach, *Journal of International Agricultural Trade and Development*, 6(1), pp. 21-39.
- Meyers, W. H. et al.(2010), The FAPRI Global Modelling System and Outlook Process, *Journal of International Agricultural Trade and Development*, 6(1), pp. 1-19.
- Xu, S., Li, G., & Li, Z.(2015), China Agricultural Outlook for 2015-2024 based on China Agricultural Monitoring and Early-warning System(CAMES), *Journal of Integrative Agricultural*, 14(9), pp. 1889-1902.
- Tsitsika, E. V., Maravelias, C. D., & Haralabous, J.(2007), Modeling and forecasting pelagic fish production using univariate and multivariate ARIMA models, *Fisheries Science*, 73, pp. 979-988.
- Poorbagher, H., Eagderi, S., & Nahavandi, R.(2021), Modelling the time series of capture fishery and aquacultural production in Iran, *International Journal of Aquatic Biology, Iranian Society of Ichthyology*, 9(3), pp. 200-206.
- K.I. Stergiou a, E.D. Christou b, & G. Pet.(1997), Modelling and forecasting monthly fisheries catches: comparison of regression, univariate and multivariate time series methods, *Fisheries Research*, 29(1), pp. 55-95.
- Makwinja, Rodgers et al.(2021), Modeling of Lake Malombe Annual Fish Landings and Catch per Unit Effort (CPUE), *Forecasting*, 3(1), pp. 39-55.
- Voumik, Liton Chandra(2021), Forecasting And Modelling Fish Production in Bangladesh Using ARIMA Model, *ICONIC RESEARCH AND ENGINEERING JOURNALS*, 5(4), pp. 114-119.

- OECD(2018), Informing Fisheries-Related Trade Negotiations Relative Effects of Fisheries Support Policies, OECD.
- Moss, Joan et al.(2010), FAPRI-UK Modeling: Regional Responses to European Policy Initiatives, Journal of International Agricultural Trade and Development, 6(1), pp. 101-116.

## 인터넷 자료

- 국가통계포털, 품종별 양식어업권 면허, <https://kosis.kr>(검색일: 2022.5.18.)
- 굴수하식수협, 굴의 성장과정, <http://www.oyster-suhyup.co.kr>(검색일: 2022.5.19.)
- 노량진수산물도매시장, 수산물가격정보, <https://www.susansijang.co.kr>(검색일: 2022.5.19.)
- 한국농수산식품유통공사, 가격정보, <https://www.kamis.or.kr>(검색일: 2022.5.19.)
- 한국무역통계진흥원, 무역통계, <https://www.bandtrass.or.kr>(검색일: 2022.5.18.)



## 부 록

### 선행연구 검토

#### ■ 농업분야 전체 선행연구

〈부록 표 1〉 농업분야 선행연구

구분	연구목적	연구방법	주요 연구내용
1	<ul style="list-style-type: none"> <li>과제명: 농업부문 전망모형 KREI-ASMO, KREI-KASMO 운용·개발 연구</li> <li>연구자(연도): 조재환 외(1994, 1995), 김경덕 외(1999), 김배성 외(2003), 김명환 외(2007, 2008), 조영수 외(2009), 한석호 외(2010, 2011), 김명환 외(2012, 2013), 박지연·김태우(2014), 한석호 외(2015), 서흥석·김충현(2016)</li> <li>연구목적: 농업부문 전망모형인 KREI-ASMO, KREI-KASMO 모형의 기본구조 및 개편</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>문헌조사</li> <li>수급방정식 추정 및 통계검정</li> <li>신규 품목 확대</li> <li>추정 결과의 안정성 및 예측력 검토</li> <li>후속 개선과제 도출</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>농업부문 총량모형 구조</li> <li>농업부문 총량모형 (KREI-ASMO, KASMO) 운용 현황</li> <li>총량지표 전망</li> <li>주요 탄성치 및 모형적합도 검정</li> <li>환율, FTA, 이행 시뮬레이션 등</li> <li>향후 보완사항 및 과제</li> </ul>
2	<ul style="list-style-type: none"> <li>과제명: 농업 시뮬레이션을 위한 일반 균형모형 개발</li> <li>연구자(연도): 이태호 외(1996)</li> <li>연구목적: 국내외 여건변화가 농업부문에 미치는 파급영향을 거시적이고 산업연관적 측면에서 분석할 수 있도록 일반균형 모형 수립</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>선행연구 검토</li> <li>CGE 모형(DMR 모형)</li> <li>시뮬레이션</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>소비부문, 생산부문, 투자부문, 해외부문, 정부부문으로 모형 구성</li> <li>정책실험(농지 감소, 한계저축성향 증가, 노동인구 증가, 해외시장 소값 하락, 쌀 생산 기술 진보) 결과 제시</li> </ul>

구분	연구목적	연구방법	주요 연구내용
3	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 과제명: 농업부문 장·단기 예측 정보시스템 개발</li> <li>• 연구자(연도): 이정환(1998)</li> <li>• 연구목적: 농업 안팎의 여건 변화 및 정책이 농업부문에 미치는 장·단기 영향을 예측할 수 있는 종합예측모형개발</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 통계분석</li> <li>• 계량경제분석 모델링 등</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 농업부문모형, 입지예측모형, 국제 쌀수급모형으로 구분</li> <li>• 농업부문은 경종부문모형, 축산부문 모형으로 추정</li> <li>• 시나리오 분석 결과 제공</li> </ul>
4	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 과제명: 주요 채소·과일의 수급 함수 추정, 농업관측 품목모형 KREI-COMO 2005 개발·운용</li> <li>• 연구자(연도): 김명환 외 (2000), 이용선·심송보(2006)</li> <li>• 연구목적: 농업관측사업 대상품 목의 수급 분석을 위해 품목모 형인 KREI-COMO 개발 및 모 형 개선</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 선행연구 검토</li> <li>• 계량경제학적 분석 (OLS, COI, WLS, PDL, 2SLS 등)</li> </ul>	<p>〈2000년 연구〉</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 재배면적반응함수</li> <li>• 가격신축성함수</li> <li>• 수요함수 추정</li> </ul> <p>〈2006년 연구〉</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• KREI-COMO 2005 개발 및 개선</li> <li>• 신규 품목 확대</li> <li>• 부류별 특성에 맞는 모형 설정 (채소류: 재배면적반응함수, 과일류: 유목·성목면적반응함수)</li> </ul>
5	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 과제명: 배추 계절별 수급모형 개발, 배추·무 예측모형 고도화 방안</li> <li>• 연구자(연도): 김연중 외 (2006), 박지연·박영구(2013)</li> <li>• 연구목적: 계절별 배추·무 수급 모형 구축 및 개선</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 선행연구 검토</li> <li>• 통계분석</li> <li>• 계량경제학적 분석(OLS, 패널 분석)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 배추·무 수급 및 가공현황 및 통계 특징 분석</li> <li>• 모형구조 및 이용변수 설명</li> <li>• 작형별 재배면적반응함수, 단수함수, 가격신축성함수, 수출입함수 등 추정</li> </ul>
6	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 과제명: Interactions Between Energy Markets And Agriculture In The U.S. : A Stochastic Approach</li> <li>• 연구자(연도): Meyer et al.(2010)</li> <li>• 연구목적: FAPRI 확률적 추정 모형을 통한 미국 에너지 시장 과 농업 부문 간의 연관성 분석</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 통계분석</li> <li>• 확률적 추정</li> <li>• 동태적 부분균형 모형을 이용한 시 물레이션 분석</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• FAPRI 확률적 추정 모형 이론적 설명</li> <li>• 미국 바이오연료 관련 정책 변동에 따른 향후 곡물, 축산 및 낙농업 시장 수급 전망</li> </ul>

구분	연구목적	연구방법	주요 연구내용
7	<ul style="list-style-type: none"> <li>과제명: FAPRI-UK Modeling: Regional Responses to European Policy Initiatives</li> <li>연구자(연도): Moss et al.(2010)</li> <li>연구목적: FAPRI-UK 모형 기반 농업 및 무역 정책 변화에 따른 영국 농업 부문 수급 전망 및 영향력 분석</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>통계분석</li> <li>확률적 추정</li> <li>동태적 부분균형 모형을 이용한 시뮬레이션 분석</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>FAPRI-UK 모형 구조 및 주요 변수 설명</li> <li>EU 공동농업정책(CAP) 및 무역 정책 변화에 대한 영국 지역별 농업 부문 수급 영향력 분석</li> </ul>
8	<ul style="list-style-type: none"> <li>과제명: 기상요인을 고려한 단수예측모형 개발 연구</li> <li>연구자(연도): 한석호 외(2011)</li> <li>연구목적: 기상요인에 따른 단수 변화 예측모형 개발</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>선행연구 검토</li> <li>계량경제학적 이론 설명</li> <li>계량경제학적 분석(패널분석)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>쌀·고랭지배추·콩의 생육과 기상 여건 분석</li> <li>품목별 단수예측모형 추정</li> <li>기상 시나리오 분석을 통한 단수 예측</li> </ul>
9	<ul style="list-style-type: none"> <li>과제명: China agricultural outlook for 2015-2024 based on China Agricultural Monitoring and Early-warning System(CAMES)</li> <li>연구자(연도): XU et al.(2015)</li> <li>연구목적: 중국 및 국제 농업 전망모델 비교 연구를 기반으로 중국 농업 모니터링 및 조기 경보 시스템 개발</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>통계분석</li> <li>계량경제분석 모델링 등</li> <li>생물학적 메커니즘 및 경제적 메커니즘을 통합하는 동적 및 다중 시장 부문 평형모델</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>중국 농업 모니터링 및 조기 경보 시스템(CAMES) 개발</li> <li>향후 10년간 중국 내 주요 농산물 생산, 소비, 무역 전망치 도출</li> </ul>
10	<ul style="list-style-type: none"> <li>과제명: The Use of Price Elasticity to Estimate Future Volatilities in Stochastic Simulation: an Application to the Korean Rice Market</li> <li>연구자(연도): 순병민(2019)</li> <li>연구목적: 점추정(point estimation) 결과의 한계를 보완하기 위해 확률적 추정(stochastic estimation) 방법을 이용</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>통계분석</li> <li>확률적 추정</li> <li>부분 평형 모델 확률적 시뮬레이션 분석</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>한국 쌀 시장을 사례로 확률적 시뮬레이션 결과 제공</li> <li>공급 충격 또는 오차 변동과 수요 가격 탄력성 분석</li> </ul>

구분	연구목적	연구방법	주요 연구내용
11	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 과제명: FAPRI-MU Stochastic U.S. Crop Model Documentation</li> <li>• 연구자(연도): Gerlt &amp; Pat. (2019)</li> <li>• 연구목적: 2019년 미국 곡물 수급 전망을 위한 FAPRI-MU 갱신</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 통계분석</li> <li>• 확률적 추정</li> <li>• 동태적 부분균형 모형을 이용한 시뮬레이션 분석</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• FAPRI-MU 곡물 모형 관련 이론적 설명</li> <li>• 모형 구조, 이용 변수 및 개별방정식 추정 결과 제시</li> </ul>
12	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 과제명: Artificial neural networks for rice yield prediction in mountainous regions</li> <li>• 연구자(연도): Ji et al.(2007)</li> <li>• 연구목적: 인공신경망모형을 이용한 중국 푸젠성 쌀 생산량 예측</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 통계분석</li> <li>• 다중회귀 분석</li> <li>• 인공신경망 분석</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 중국 푸젠성 지역의 쌀 생산량 예측을 위한 인공신경망모형 추정</li> <li>• 다중선형회귀 모형과의 비교분석을 통한 예측력 평가</li> </ul>
13	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 과제명: Wheat yield prediction using artificial neural network and crop prediction techniques</li> <li>• 연구자(연도): Vikas &amp; Dhaka.(2014)</li> <li>• 연구목적: 밀 생산량 예측을 위한 모형 연구</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 통계분석</li> <li>• 다중회귀분석</li> <li>• ARIMA</li> <li>• 인공신경망</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 밀생산량 예측을 위한 인공신경망 모형 적용 기법, 원리 분석</li> <li>• 선형 회귀모형(OLS), 시계열 모형 (ARIMA), 확률모형 특징 및 비교</li> </ul>
14	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 과제명: The FAPRI Global Modelling System and Outlook Process</li> <li>• 연구자(연도): Meyers, Binfield, &amp; Westhoff.(2010)</li> <li>• 연구목적: FAPRI 모형 설명 및 모형의 신뢰성 제고</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 통계분석</li> <li>• 동태적 부분균형 모형을 이용한 전망치 도출 및 시나리오 분석 결과 제시(국내/국제)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• FAPRI 모형 역사 및 구조 설명 (변수 및 범위)</li> <li>• 2009년 모형의 베이스라인 제시 (기준 전망치)</li> <li>• 국내 및 국제 시나리오 분석</li> </ul>

자료: 저자 작성



## ■ 수산분야 전체 선행연구

〈부록 표 2〉 수산분야 선행연구

구분	연구목적	연구방법	주요 연구내용
15	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 과제명: An analysis of the relationship between temperature variation and fish production in Lagos, Nigeria</li> <li>• 연구자(연도): Ezenwaji et al (2014)</li> <li>• 연구목적: 수온과 어획량의 상관관계 분석</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 피어슨 상관관계 분석</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 나이지리아 라고스(Lagos) 해안의 표층 수온과 어류 어획량의 상관관계 분석</li> </ul>
16	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 과제명: Modelling and forecasting marine fish production in Odisha using seasonal ARIMA model</li> <li>• 연구자(연도): Raman, Sathianandan, &amp; Sharma(2017)</li> <li>• 연구목적: 인도 오디샤주의 어류 생산량 추정 모형 연구</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 통계분석</li> <li>• ARIMA</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 인도 동부 오디샤주의 어류 생산량 추정</li> <li>• 1985~2012년까지의 오디샤주의 어류 생산량 데이터를 이용한 ARIMA 모형 추정 및 2013~2015년 예측</li> </ul>
17	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 과제명: Application of artificial neural network into the freshwater fish caught in Turkey</li> <li>• 연구자(연도): Benzer &amp; Benzer(2015)</li> <li>• 연구목적: 터키의 내수면 어업 생산량 예측</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 통계분석</li> <li>• 인공신경망모형</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 터키 내수면어업 생산량 예측을 위한 인공신경망모형 분석</li> <li>• 모형설계 및 분석, 예측력 검증</li> </ul>
18	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 과제명: Predicting fish distribution in a Mesotrophic Lake by hydroacoustic survey and artificial neural networks</li> <li>• 연구자(연도): Brosse, Lek, &amp; Dauba(1999)</li> <li>• 연구목적: 인공신경망모형과 다중회귀 분석을 이용한 페어루프 호수의 어류 분포 예측</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 통계분석</li> <li>• 다중회귀분석</li> <li>• 인공신경망모형</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 프랑스 페어루프 호수의 어류 분포 예측</li> <li>• 평균 수심, 바닥 경사, 샘플링 수층, 산소 농도, 수온 등 변수 활용 인공신경망 모델링 및 다중회귀 분석</li> <li>• 각 모형별 추정 결과 비교</li> </ul>

구분	연구목적	연구방법	주요 연구내용
19	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 과제명: Statistical modelling of inland fish production in India</li> <li>• 연구자(연도): Paul &amp; Das(2010)</li> <li>• 연구목적: 인도 내수면 어류 생산량 예측 모형 연구</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 통계분석</li> <li>• 단변량 분석</li> <li>• ARIMA</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 인도의 내수면 어류 생산량 예측을 위한 모형구축 및 전망, 모형 검정</li> </ul>
20	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 과제명: Modeling and forecasting pelagic fish production using univariate and multivariate ARIMA models</li> <li>• 연구자(연도): Tsitsika, Maravelias, &amp; Haralabous(2007)</li> <li>• 연구목적: 시계열 분석을 이용한 원양어업 어획량 예측 모델링 및 예측</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 통계분석</li> <li>• 단변량 ARIMA</li> <li>• 다변량 ARIMA</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 원양 멸치, 정어리, 고등어의 단위 노력당 어획량 예측</li> <li>• 금기의 어획량은 12개월 전 (<math>t-12</math>) 자기회귀항에 의해 부분적으로 예측 가능</li> </ul>
21	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 과제명: Short-term forecasting of halibut CPUE: Linear and non-linear univariate approaches</li> <li>• 연구자(연도): Czerwinski, Gutierrez-Estrada, &amp; Hernando-Casal(2007)</li> <li>• 연구목적: 태평양 넙치의 단위 노력당 어획량 예측</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 통계분석</li> <li>• ARIMA</li> <li>• 인공신경망모형</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 베링해와 알래스카만 태평양 넙치의 단위노력당 어획량 예측</li> <li>• ARIMA 및 인공신경망모형을 이용</li> </ul>
22	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 과제명: Impacts of historical warming on marine fisheries production</li> <li>• 연구자(연도): Free et al.(2019)</li> <li>• 연구목적: 수온과 연계된 수산물 생산량 분석</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 통계분석</li> <li>• 잉여생산량모형</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 모형 구조, 이용 변수 및 개별방정식 추정 결과 제시</li> <li>• 235종 해양생물의 자원평가 DB 및 해수면 온도 데이터를 이용한 잉여생산량 모형 분석</li> </ul>

구분	연구목적	연구방법	주요 연구내용
23	<ul style="list-style-type: none"> <li>과제명: 수산부문 총량모형 구축을 위한 기초적 연구, 수산 부문 전망을 위한 총량모형의 구축</li> <li>연구자(연도): 홍현표 외 (2003, 2004)</li> <li>연구목적: 수산부문 최초로 전망 및 정책분석을 수행하기 위한 총량모형의 개발</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>이론적 접근(수산 경제시스템, 어업 생산함수, 수산물 소비함수, 유통 가격의 결정, 자원량 스톡 등)</li> <li>계량적 접근(구조 방정식모형의 구성 및 추정, 검정, 사후적시뮬레이션)</li> <li>수산분야 및 거시 계량 분야 전문가 토론과 자문</li> </ul>	<p>〈2003년 기초연구〉</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>수산부문 총량모형 접근방법</li> <li>수산경제시스템의 이론적 연구</li> <li>수산물 수급부문별 실태 분석</li> <li>수급부문별 모형의 실증 분석</li> </ul> <p>〈2004년 연구〉</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>수산부문 총량모형의 구성</li> <li>자료의 특성</li> <li>부문별 개별방정식모형 추정 결과</li> <li>수산부문 총량모형 추정 및 결과</li> </ul>
24	<ul style="list-style-type: none"> <li>과제명: 중단기 주요 수산지표 전망에 관한 연구</li> <li>연구자(연도): 이현동 외 (2013)</li> <li>연구목적: KMI-FSM 2004 모형의 개선 및 정책 시뮬레이션 모형으로서의 활용가능성 제시</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>선행연구 검토</li> <li>통계 DB 구축 및 특징 분석</li> <li>외부전문가 자문</li> <li>계량경제학적 분석 (OLS, 연립방정식모형 추정 등)</li> <li>위탁연구 및 출장 조사 등</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>수산부문 여건변화와 국내외 전망 모형 구축사례</li> <li>중단기 주요 수산지표 전망모형 KMI-FSM 2013의 구축</li> <li>KMI-FSM 2013의 추정 및 시뮬레이션 결과</li> <li>정책제언</li> </ul>
25	<ul style="list-style-type: none"> <li>과제명: 주요 수산물 품목별 수급전망모형 개발·유지보수</li> <li>연구자(연도): 김배성 외 (2015), 조재환 외(2015, 2016, 2017), 한석호 외 (2018, 2019, 2020, 2021)</li> <li>연구목적: KMI 수산업관측센터의 수산관측월보 전망에 활용 가능한 월별 단기수급모형 구축 및 매년 모형 개선</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>통계분석</li> <li>계량경제학적 분석(OLS, GLS, 패널분석 등)</li> <li>모형 구조 개선</li> <li>추정 결과의 안정성 및 예측력 검토</li> <li>후속개선과제도출</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>굴, 김, 미역, 광어, 우럭, 전복 등 6개 품목 대상 월별 단기수급모형 구축 및 모형 개선</li> <li>추정 결과(생산량, 가격, 수출량 모형 등) 제시 및 예측력 검정</li> <li>향후 보완사항 및 과제</li> </ul>

구분	연구목적	연구방법	주요 연구내용
26	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 과제명: Informing Fisheries-Related Trade Negotiations Relative Effects of Fisheries Support Policies</li> <li>• 연구자(연도): Roger Martini et al.(2018)</li> <li>• 연구목적: OECD FishPEM (수산업 정책평가모형)을 활용한 수산지원정책 효과 분석</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 통계분석</li> <li>• 계량경제분석 모델링 등</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 시뮬레이션을 통해 수산지원정책이 투입재 및 수산물 시장에 미치는 영향 도출</li> <li>• 수산물 수요 및 공급, 투입재 수요 및 공급, 수산업의 생물학적 특성을 반영한 Schaefer Model 도입</li> </ul>
27	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 과제명: 2019년 김 수급전망 모형 운용·개편 연구</li> <li>• 연구자(연도): 이현동·허수진·하현정(2019)</li> <li>• 연구목적: KMI 수산업관측센터 김 단기수급모형 운용체계 개편</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 선행연구 검토</li> <li>• 기존 모형의 개선 사항 도출</li> <li>• 계량경제학적 분석 (OLS)</li> <li>• 추정 결과의 예측력 검증</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 2019 Gim-DSFM의 구축</li> <li>• 2019 Gim-DSFM의 추정 결과 (시설량, 단수, 가격모형 등) 제시 및 예측력 검증</li> <li>• 향후 보완사항 및 과제</li> </ul>
28	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 과제명: Modelling and forecasting monthly fisheries catches: comparison of regression, univariate and multivariate time series methods</li> <li>• 연구자(연도): Stergiou et. al.(1997)</li> <li>• 연구목적: 그리스의 어로어업 생산량 예측 연구</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 통계분석</li> <li>• 다중회귀분석</li> <li>• 단변량 시계열분석</li> <li>• VAR 모형</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 월별 어로어업의 생산량을 예측하고 모형별 예측력에 대한 평가</li> <li>• 예측력 검증 결과 다변량 시계열 모형이 단변량 시계열모형보다 예측력이 높음</li> </ul>
29	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 과제명: Modeling of Lake Malombe Annual Fish Landings and Catch per Unit Effort (CPUE)</li> <li>• 연구자(연도): Makwinja et. al.(2021)</li> <li>• 연구목적: 아프리카 말롬베 호수의 연간 어획량 및 단위노력당 어획량 예측</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 통계분석</li> <li>• ARIMA</li> <li>• RMSE, MAE</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 단변량 시계열 모형을 이용하여 말롬베 호수의 생산량과 단위노력당 어획량 예측</li> <li>• RMSE, MAE를 이용하여 예측력 검증</li> <li>• 2024년까지 어획량이 2,725톤 CPUE는 0.097kg/h로 예측함</li> </ul>

구분	연구목적	연구방법	주요 연구내용
30	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 과제명: Forecasting And Modelling Fish Production in Bangladesh Using ARIMA Model</li> <li>• 연구자(연도): LITON CHANDRA VOUMIK(2021)</li> <li>• 연구목적: 방글라데시의 어획량 예측모형 연구</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 통계분석</li> <li>• ARIMA</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 단변량 시계열 모형을 이용하여 방글라데시의 어류 생산량을 예측함</li> <li>• ARIMA(0,2,1) 모형이 가장 예측력이 뛰어난 모형으로 추정됨</li> <li>• 2028년 방글라데시 어획량은 6,013,331톤으로 예측함</li> </ul>
31	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 과제명: 김 중기 수급전망모형 「Gim-MFoS」 구축 연구</li> <li>• 연구자(연도): 허수진 외 (2020)</li> <li>• 연구목적: 김 연산별 중기 전망 및 다양한 정책 시나리오 파급 효과 분석 가능 모형 구축</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 선행연구 검토</li> <li>• 김 양식업 특성 파악을 위한 산업 동향 및 통계자료 검토</li> <li>• 계량경제분석 (OLS)</li> <li>• 관련 분야 전문가 자문</li> <li>• 추정 결과의 예측력 검증</li> <li>• 엑셀시뮬레이션 기반 연립방정식 체계 구축</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 2020 「Gim-MFoS」 구축</li> <li>• 추정 결과(지역별 단수, 시설량, 가격, 수출모형, 재고모형 등) 제시 및 예측력 검증</li> <li>• 5개년 로드맵</li> <li>• 결론 및 향후 과제</li> </ul>
32	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 과제명: 인공신경망모형을 이용한 양식수산물 단수 전망에 관한 연구-김 양식을 중심으로-</li> <li>• 연구자(연도): 천성훈 외 (2021)</li> <li>• 연구목적: 해황변수를 고려한 김 작황 전망</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 선행연구 검토</li> <li>• 김 양식업 특성 파악을 위한 산업 동향 및 통계자료 검토</li> <li>• 인공신경망 분석</li> <li>• 관련 분야 전문가 자문</li> <li>• 추정 결과의 예측력 검증</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 해황변수를 고려한 김 단수 예측 모형 구축</li> <li>• 추정 결과 제시 및 회귀분석과의 예측력 비교 검증</li> <li>• 결론 및 향후 과제</li> </ul>

구분	연구목적	연구방법	주요 연구내용
33	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 과제명: 주요 양식어류 수급전망 고도화를 위한 모형구축 연구</li> <li>• 연구자(연도): 허수진 외 (2021)</li> <li>• 연구목적: 주요 양식어류(광어, 우럭, 참돔, 송어)의 중장기 수급전망 및 다양한 정책 시나리오 파급효과 분석 가능 모형 구축</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 선행연구 검토</li> <li>• 양식어류 양식업 특성 파악을 위한 산업동향 및 통계자료 검토</li> <li>• 계량경제분석 (OLS)</li> <li>• 관련 분야 전문가 자문</li> <li>• 추정 결과의 예측력 검증</li> <li>• 엑셀시뮬레이션 기반 연립방정식 체계 구축</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 주요 양식어류 중기 수급전망모형 구축</li> <li>• 추정 결과(입식량, 양성물량, 가격, 수출입모형, 수요함수 등) 제시 및 예측력 검증</li> <li>• 5개년 로드맵</li> <li>• 결론 및 향후 과제</li> </ul>
34	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 과제명: Modelling the time series of capture fishery and aquaculture production in Iran</li> <li>• 연구자(연도): Poorbagher et al.(2021)</li> <li>• 연구목적: 시계열분석을 이용한 이란의 어로어업과 양식어업 생산량 예측</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ARIMA</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 이란의 어로어업 및 양식어업 생산량 시계열 분석 및 예측</li> <li>• 2025년 이란의 어로어업 생산량은 151만 3,533톤, 양식어업 생산량은 55만 2,944톤으로 전망함</li> </ul>

자료: 저자 작성

# 기본연구보고서 발간목록

## Ⅰ 2022년

01	선박투자 가치평가 및 위험관리 모형 연구	박성화
02	항만 컨테이너 반출입 예약시스템 가격결정 모형 연구	서정용
03	연안재해 대응을 위한 그린인프라 구축방안 연구	정지호
04	탄소중립이 해양수산업에 미치는 경제적 영향분석 연구	권장한
05	수산물 안전성 관리체계 개선방안 연구	조현주
06	준해양사고 통보제도 개선방안 연구	박상원
07	MZ세대 소비트렌드를 반영한 해양관광 추진방안 연구	최일선
08	연근해 어종별 어획쿼터제도 도입방안 연구	심성현
09	행위자기반 해양공간계획 시뮬레이션 개발 연구	조성진
10	항만분야 탄소중립 관리체계 개선방안 연구	안승현
11	탄소중립 시대 양식산업 대응전략 연구 - 육상 어류양식을 중심으로 -	마창모
12	수산물식품산업의 탄소중립 대응방안 연구 - 가공업을 중심으로 -	김지연
13	해양환경보전정책 도입방안 연구	박수진
14	포스트 코로나 시대의 컨테이너 해운산업 대응방안 연구 - 디지털 플랫폼을 중심으로 -	최건우
15	항만분야 공공갈등 관리방안 연구	김세원
16	글로벌 가치사슬 변화와 국제물류 분야 대응방안 연구 - 전기자동차 산업을 중심으로 -	권보배
17	항만개발제도 개선방안 연구	이수영
18	클러스터 혁신을 통한 선박관리업 발전방안 연구	허성례
19	수입수산물 예방적 관리체계 도입방안 연구 - IUU 수산물을 중심으로 -	안지은
20	양식수산물 유통 빅데이터 구축방안 연구	이기영
21	글로벌 혁신성장을 위한 신남방·신북방 정책 연구 - 신남방 지역 ICT산업 가치사슬 변화에 따른 물류 공급사슬 대응방안	최나영환

## **2021년**

01	시민참여형 해안돌봄 정책 도입방안 연구	정치호
02	해양 플라스틱 쓰레기가 선박 운항에 미치는 영향분석 연구	김보람
03	여성어업인 노동정책 방향 연구	홍혜수
04	순환경제 시스템을 활용한 어업폐기물의 자원화 방안 연구	고동훈
05	1conomy 시대, HMR 시장 확대에 따른 수산부문 대응전략 수립 연구	마창모
06	AIS 데이터 기반 해상교통 안전 평가모델 개발 연구	황선일
07	항만 에너지 관리시스템 도입을 위한 로드맵 구축 연구 - 부산항 신항 전기에너지 소비를 중심으로 -	김근섭
08	해양분야 리빙랩 활성화 방안 연구	좌미라
09	빅데이터의 연계·활용을 통한 선박의 배출량 산정체계 고도화 방안 연구	안용성
10	해양공간계획 집행체계 고도화 방안 연구	최희정
11	수산식품산업 푸드테크 환경분석 및 적용전략 연구	이상건
12	AIS데이터기반 해상물동량 추정 연구	황수진
13	항만부문 정책의사결정 지원 빅데이터 플랫폼 구축 방안 연구	이기열
14	항만 컨테이너 물류 프로세스 디지털화 모형 연구	서정용
15	해양수산 분야 국제산업연관표 구축기반 연구	정수빈
16	해양수산 과학기술 정책평가모형 연구 - 해양수산 R&D를 중심으로 -	전형모
17	글로벌 경제위기와 해운산업 대응체계 연구	박성화
18	항만산업 경기진단체계 구축 연구 - 경기동행지수 개발을 중심으로 -	김성아
19	전국 무역항 부두 분류 체계 개선방안 연구	이수영
20	IMO 규제기반 해사산업의 글로벌 지속발전방안 연구 - 新해사산업의 육성 및 지원을 위한 법제화 연구(5차년도) -	박한선
21	수소에너지 거점 구축을 위한 항만의 대응방안 연구	신수용



# 수시연구보고서 발간목록

## Ⅰ 2022년

01	항만의 탄소중립 이행·관리 표준안 연구	안용성
02	매립지 소유권 분리 제도화의 이해관계 분석과 관리방안	윤성순
03	글로벌 공급망 리스크별 영향분석 및 대응방안 연구 - 에너지·곡물을 중심으로	조지성
04	대북제재 강화와 코로나 팬데믹 이후 북한 해양수산 이슈와 대응 방안	윤인주
05	남극환경보호의정서 제6부속서의 국내 이행을 위한 법제 정비방안 연구	박예나
06	해양바이오산업 활성화를 위한 해양수산생명자원 법령 정비 방안 연구	좌미라
07	우리나라 수산종자 관리체계 개선방안 연구	조현주
08	2050 신해양강국 미래비전 수립 연구	김민수

## Ⅰ 2021년

01	해양환경산업 육성 방안 연구	한기원
02	선원의 인권 및 근로여건 향상을 위한 선원근로감독관 제도 개선 방안 연구	허성례
03	포스트 코로나 시대를 대비하는 지역 해양축제 활성화 연구	최일선
04	회복탄력성 개념을 적용한 항만 위기관리 시스템 구축 연구	김성기
05	중대재해처벌법 시행에 따른 항만에서의 대응방안 연구	최상균
06	크루즈산업 COVID-19 방역체계 구축방안 연구	황진희
07	한국형 선주사의 최적 운영방안 연구	고병욱
08	어촌형 생활서비스 전달체계 개선 연구	이호림
09	원양산업의 ESG 도입 기초 연구	윤미경
10	수상레저활동 관리체계 개선방안 연구	홍장원
11	연안지역 자연성 회복을 위한 정책 방향_간척지·담수호 중심으로	정지호
12	스마트항만 구축에 따른 탄소저감 효과 연구 - 동력전환을 중심으로 -	김가현

# 일반연구보고서 발간목록

## Ⅰ 2022년

01	건화물선 시장 비용분석을 통한 해운시장 위험관리지표체계 구축	류희영
02	해상운임 예측모형 고도화 연구(Ⅰ)	황수진
03	IMO 시장기반조치 도입이 국내 해운기업에 미치는 영향	김한나
04	연안지역발전지수(CoDI) 개발 연구	황재희
05	CGE 기반 국제통상환경 변화의 해양수산업 부문 파급효과 분석	임병호
06	글로벌 수산업 이미지 이슈 분석 모델 개발 연구	한기욱
07	양식 수산물 중장기 수급전망모형 구축 연구 - 굴을 중심으로 -	김철현
08	Network DEA를 이용한 물류기업 경쟁력 비교 분석 연구	황선일
09	해양수산 사업체 성과 및 효율성 분석 연구	김주현
10	베이지안 방법을 이용한 양식 명계 단수 추정방안 연구	천성훈
11	수입수산물과 국산 간의 대체관계 분석 연구 - 활·신선냉장품을 중심으로 -	박혜진
12	국내 컨테이너 해운기업의 디지털 전환 활성화 방안 연구	전서연
13	비컨테이너 항만물동량 예측모형 고도화 방안 연구(Ⅰ) - 자동차, 석탄, 고철, 시멘트를 중심으로 -	최석우
14	동중국해 해양경계획정 방안 기초 연구	박영길
15	해양수산 분야 미래 리스크 발굴 및 파급효과 분석 연구(Ⅱ)	김찬호
16	항만개발사업의 정책효과 적용방안 연구	이종필
17	국가 해양전략 기본구상 연구	정현욱
18	선박대기시간 예측모형 개발을 위한 방법론 연구	조아현
19	안전항만 구축을 위한 비용 산정 및 지원체계 마련을 위한 연구	최상균

## **Ⅰ 2021년**

01	해양수산 정책영향평가를 위한 기초 연구	김주현
02	해양교육의 사회·경제적 가치 평가 연구	이슬기
03	해양수산업 경기진단체계 기초연구 - 해운업을 중심으로 -	권장한
04	선박 기술진보를 고려한 탄소 배출량 추정 연구	최건우
05	서포트벡터머신(SVM) 기법을 활용한 해운시황 예측 연구	김병주
06	크루즈 여객 수요 전망 모형 구축 연구	안승현
07	디지털 공급사슬 물류정보통합 구축전략 연구(Ⅲ)	서정용
08	수출용 전복의 유통경로 분석 연구	이정필
09	인공지능기반 해상운임 예측 연구(3차년도)	황수진
10	인공신경망모형을 이용한 양식수산물 단수 전망에 관한 연구 - 김 양식을 중심으로 -	천성훈
11	해양수산분야 미래 리스크 발굴 및 파급효과 분석 연구	박광서



일반연구 2022-07

## 양식 수산물 종장기 수급전망모형 구축 연구 - 굴을 중심으로 -

---

인 쇄 2022년 12월 29일

발 행 2022년 12월 31일

발 행 인 김 종 덕

발 행 처 한국해양수산개발원

주 소 49111 부산시 영도구 해양로 301번길 26(동삼동)

연 락 처 051-797-4800 (FAX 051-797-4810)

등 록 1984년 8월 6일 제313-1984-1호

조판·인쇄 디자인글꼴 (051-636-1210)

---

판매 및 보급: 정부간행물판매센터 Tel: 02-394-0337

정가 6,000원

