

양식수산물 중장기 수급전망모형 구축 -미역을 중심으로

A Construction of a Mid to Long-term Supply
and Demand Forecasting Model for Cultured Seafood
-Focusing on Sea mustard

하현정 · 허수진



한국해양수산개발원
KOREA MARITIME INSTITUTE

저자	하현정, 허수진
내부연구진	연구책임자 하현정 한국해양수산개발원 수산정책사업본부 전문연구원 공동연구원 허수진 한국해양수산개발원 수산정책사업본부 전문연구원
연구기간	2023. 1. 1. ~ 2023. 12. 31.
보고서 집필내역	
연구책임자	하현정 연구총괄, 제1장, 제2장 제1절, 제3절, 제3장 제1절 일부, 제2절 일부, 제4장, 제5장
내부연구진	허수진 제2장 제2절, 제3장 제1절 일부, 제2절 일부, 제3절
산·학·연·정 연구자문위원	한석호 충남대학교 농업경제학과 교수 김은희 전남해양수산과학원 고흥지원 지원장 황은경 국립수산물과학원 수산종자육종연구소 연구관
※ 순서는 산·학·연·정 순임	

목차

01

서론_1

제1절 연구 배경 및 목적	1
1. 연구 배경 및 필요성	1
2. 연구 목적	3
제2절 연구 내용과 방법	4
1. 연구 내용	4
2. 연구 방법	5
제3절 선행연구 검토	7
1. 선행연구	7
2. 선행연구와의 차별성	11

02

미역 수급 특성 및 모형 구축 방향_13

제1절 미역 양식 현황	13
1. 미역 양식 과정	13
2. 미역 생물학적 특성	17
제2절 미역 수급 동향	21
1. 생산 동향	21
2. 수출입 동향	26
3. 가격 동향	31
제3절 미역 중장기 수급전망모형 구축 방향	32
1. 생산 특성에 따른 미역 모형 분리 구축	33
2. 생물학적 요인을 고려한 모형 구축	34
3. 축차형 방식의 균형가격 도출	35
4. 엑셀 스프레드시트 기반의 모형 운용 및 관리	36

03 미역 중장기 수급전망모형 구축 및 추정 결과_39

제1절 모형 구조 설정	39
1. 기초통계DB 구축	39
2. 개별방정식 설정	46
3. 미역 중장기 수급전망모형 구조	51
제2절 모형 추정 결과	53
1. 시설량 반응함수	54
2. 단수함수	59
3. 수출수요함수	63
4. 수입수요함수	67
5. 가격신축성함수	68
제3절 모형의 예측력 검증	75

04 미역 중장기 수급전망 및 활용방안_81

제1절 주요 지표 전망 결과	81
1. 주요 외생변수 가정	81
2. 미역 수급 및 가격 지표 전망 결과	82
제2절 중장기 수급모형 활용방안	86
1. 향후 모형 개선 방향	86
2. 향후 모형 활용방안	89

05 결론 및 제언_93

제1절 요약 및 결론	93
1. 요약	93
2. 결론	94
제2절 연구의 의의 및 제언	95
1. 연구의 의의	95

표 목차

〈표 1-1〉 주요 양식 품목별 중장기 수급전망모형 구축 로드맵	3
〈표 1-2〉 농업부문 품목별 수급전망모형 관련 주요 선행연구	8
〈표 1-3〉 수산부문 품목별 수급전망모형 관련 주요 선행연구	10
〈표 2-1〉 미역 양식 과정 및 시기	14
〈표 3-1〉 거시경제 관련 DB 현황	40
〈표 3-2〉 미역 양식어업 생산비 관련 DB 현황	40
〈표 3-3〉 미역 생산 관련 DB 현황	41
〈표 3-4〉 미역 생장 관련 DB 현황	43
〈표 3-5〉 미역 가격 관련 DB 현황	44
〈표 3-6〉 미역 수출입 관련 DB 현황	45
〈표 3-7〉 미역 수출입 HSCODE별 세부 내역	46
〈표 3-8〉 식용미역 시설량 고정효과 검정통계	55
〈표 3-9〉 식용미역 시설량 추정 결과	56
〈표 3-10〉 비식용미역 시설량 추정 결과	58
〈표 3-11〉 식용미역 단수 고정효과 검정통계	59
〈표 3-12〉 식용미역 단수 추정 결과	60
〈표 3-13〉 비식용미역 단수 추정 결과	62
〈표 3-14〉 미역 對일본 수출량 추정 결과	64
〈표 3-15〉 미역 對기타 국가 수출량 추정 결과	66
〈표 3-16〉 미역 수입량 추정 결과	67
〈표 3-17〉 고흥 지역 미역 산지가격 추정 결과	70
〈표 3-18〉 완도 지역 미역 산지가격 추정 결과	71
〈표 3-19〉 부산 지역 미역 산지가격 추정 결과	73
〈표 3-20〉 미역 도매가격 추정 결과	74
〈표 3-21〉 미역 시설량 반응함수 예측력 검정 결과	77
〈표 3-22〉 미역 단수함수 예측력 검정 결과	78
〈표 3-23〉 미역 수출입수요함수 예측력 검정 결과	78
〈표 3-24〉 미역 산지 및 도매가격 함수 예측력 검정 결과	79
〈표 4-1〉 주요 외생변수 가정	82
〈표 4-2〉 미역 시설량, 생산량 및 산지가격 전망결과	83

〈표 4-3〉 미역 수출입량, 소비량 및 도매가격 전망결과	84
〈표 4-4〉 미역 중장기 수급전망모형 개선 로드맵	89
〈표 4-5〉 고흥 지역 수온 변화에 따른 미역 단수 변화	91
〈표 5-1〉 품목별 중장기 수급전망모형 운용·개편 로드맵	99

그림 목차

〈그림 2-1〉 미역 양식 작업 과정	14
〈그림 2-2〉 미역 가이식 작업	15
〈그림 2-3〉 미역 수평식 양성시설	15
〈그림 2-4〉 미역 종묘이식 방법	16
〈그림 2-5〉 평균 표층 수온과 식용미역 단수와의 관계	19
〈그림 2-6〉 평균 표층 용존무기질소와 식용미역 단수와의 관계	20
〈그림 2-7〉 평균 일조시간과 식용미역 단수와의 관계	20
〈그림 2-8〉 미역 양식 시설량 추이	22
〈그림 2-9〉 식용미역 양식 시설량 추이	23
〈그림 2-10〉 미역 양식 생산량 추이	24
〈그림 2-11〉 식용미역 양식 생산량 추이	25
〈그림 2-12〉 용도별 미역 양식 생산량 추이	26
〈그림 2-13〉 미역 수출량 및 수출금액 추이	27
〈그림 2-14〉 최근 5년 평균 제품형태별 미역 수출 비중	27
〈그림 2-15〉 주요 국가별 미역 수출 추이	28
〈그림 2-16〉 미역 수입량 및 수입금액 추이	29
〈그림 2-17〉 최근 5년 평균 제품형태별 미역 수입 비중	30
〈그림 2-18〉 주요 국가별 미역 수출입 추이	30
〈그림 2-19〉 미역 산지가격 추이	31
〈그림 2-20〉 마른실미역 도매가격 추이	32
〈그림 2-21〉 비선형 단수모형 형태	35
〈그림 3-1〉 식용미역 중장기 수급전망모형 전체 구조도	52
〈그림 3-2〉 비식용미역 중장기 수급전망모형 전체 구조도	53
〈그림 3-3〉 식용미역 시설량 실제치 및 추정치	57
〈그림 3-4〉 비식용미역 시설량 실제치 및 추정치	58
〈그림 3-5〉 식용미역 단수 실제치 및 추정치	61
〈그림 3-6〉 비식용미역 단수 실제치 및 추정치	63
〈그림 3-7〉 미역 對일본 수출량 실제치 및 추정치	65
〈그림 3-8〉 미역 對기타 국가 수출량 실제치 및 추정치	66
〈그림 3-9〉 미역 수입량 실제치 및 추정치	68

〈그림 3-10〉 고흥 지역 미역 산지가격 실제치 및 추정치	71
〈그림 3-11〉 완도 지역 미역 산지가격 실제치 및 추정치	72
〈그림 3-12〉 부산 지역 미역 산지가격 실제치 및 추정치	73
〈그림 3-13〉 미역 도매가격 실제치 및 추정치	74
〈그림 4-1〉 미역 수급 및 가격 전망 추이	84

01

서론

제1절 연구 배경 및 목적

1. 연구 배경 및 필요성

미역은 최근 5년 평균 기준 우리나라 전체 양식 생산량의 23%, 해조류 생산량의 30%를 차지하는 주요 양식품목으로, 해면양식업 생산량에서 차지하는 비중이 매우 높은 품목 중 하나이다. 이렇게 생산량이 많은 만큼 생산 변동성 또한 매우 큰데, 이상 수온 및 해황 여건 변동, 수요 부진 등 대내외적 요인에 따라 수급 변동이 심화되고 있다.

지난 10년 간 양식미역 생산량 변동을 살펴보면, 이상 수온 및 해황 변동에 따라 매년 작황 변동이 심화되면서 전년 대비 30~50%까지 큰 폭으로 증가하거나, 반대로 20%가량 급격히 감소하는 경향을 보였다. 최근에도 이러한 경향이 이어지고 있어 생산 변동성이 심화되고 있는 것으로 나타났다.

생산 변동성이 커짐에 따라 산지가격 등락폭 또한 커지고 있는데, 전년 대비 30% 이상 상승하거나, 20% 이상 하락하는 등 매년 큰 폭의 변동을 보이고 있다. 물론 미역의 kg당 생산단가가 가공용은 100원 대, 나물용은 1,000원 대에 형성되어 타 양식품목에 비해 낮게 형성되고는 있으나, 그렇

다 하더라도 거래되는 물량 변동이 커 안정적인 가격 형성이 어려운 상황이다. 산지가격 등락폭이 커짐에 따라 미역 양식여가의 합리적인 경영의사 결정에도 어려움이 발생할 수 있다.

이렇듯 겨울철 이상 수온 발생 및 해황 여건 변동에 따른 성장 부진, 미역 소비 부진 등이 지속적으로 수급에 영향을 미칠 것으로 전망됨에 따라 향후에도 미역의 수급 불안정이 심화될 것으로 판단된다. 이에 따라 중장기 미역 수급 변동을 과학적이고 정량적으로 예측하여 합리적인 대응방안을 마련할 필요성이 증대되고 있다.

그럼에도 불구하고 현재 수산업관측센터에서는 연 단위의 미역 중장기 수급전망모형이 구축되어있지 않아 중장기적 생산량 및 가격 전망이나, 대내외 여건 변동에 따른 향후 영향력 분석 등이 어려운 상황이다. 대신 월 단위의 단기 수급예측모형만 구축·운용 중에 있는데, 미역 단기예측모형은 2014년에 수산업관측사업을 통해 구축되었으며, 수산업관측사업 대상 품목인 미역에 대해 월 단위 생산량 및 가격을 예측하여 관측정보 전망을 고도화하는 데에 목적이 있다. 해당 모형은 단기 수급예측에 초점이 맞추어져 있어 연 단위의 중장기 수급을 전망하거나, 정책 수립에 따른 파급효과분석, 거시경제 변동에 따른 영향력 분석 등에는 한계가 존재한다.

2018~2019년에 한국해양수산개발원에서 구축한 수산부문 전망모형인 「KMI-FOSiM」의 양식어업모듈에 미역 품목이 포함되어 있으나, 「KMI-FOSiM」은 국내 수산업 및 어촌에 대한 전반적인 전망 및 정책시뮬레이션을 목적으로 하여 개별 품목에 특화된 모형으로 구축되어 있지 않다. 이로 인해 지역별 생산량이나 생물학적 어기 특성, 수온 등의 해황 조건 등을 고려되고 있지 못하다.

따라서 생물학적 특성을 반영한 어기를 기준으로 하며, 미역 품목의 특성 및 수급체계가 반영된 중장기 수급전망모형의 구축이 필요한 상황이다.

이에 본 연구는 미역 중장기 수급전망모형을 새로이 구축하여 미역 수급 전망을 고도화하고자 하며, 어업인의 경영의사결정 및 정책입안자의 정책 수립을 위한 기초자료 제공 등 전망 결과 활용도 또한 확대하고자 한다.

참고로 KMI 수산업관측센터에서는 2020년부터 수산업관측사업 주요 대상 품목에 대한 품목별 중장기 수급전망모형을 구축하는 연구를 진행 중이며, 2024년까지 구축 완료를 계획하고 있다. 2020년 김을 시작으로 2021년에는 양식어류, 2022년에는 굴에 대한 중장기 수급전망모형을 구축하였으며, 2023년에는 본 연구인 미역 중장기 수급전망모형을, 2024년에는 전복 중장기 수급전망모형을 구축할 예정이다.

〈표 1-1〉 주요 양식 품목별 중장기 수급전망모형 구축 로드맵

구분	2020년	2021년	2022년	2023년	2024년
• 중장기 수급전망모형 구축	김	어류	굴	미역	전복(예정)

자료: 허수진 외(2020), pp. 102-104를 참고하여 저자 작성

2. 연구 목적

본 연구는 양식미역의 연산별 수급 특성과 함께 생물학적 영향 요인이 반영된 중장기 수급전망모형을 구축하는 데에 목적이 있다. 세부적으로는 경제학적 인과관계를 바탕으로 전반적인 모형 구조 및 하위 개별방정식을 구축하여 보다 현실에 부합한 모형을 구축하고자 한다.

다음으로 미역 수급 구조 특성 및 생물학적 영향 요인을 파악하고 이를 최대한 모형에 반영하여 모형의 현실설명력 및 전망 결과의 신뢰성을 향상 시키고자 한다.

마지막으로 정책시뮬레이션 기능을 탑재하여 대내외적 충격이 주요 미역

수급 지표에 미치는 영향을 분석하고, 합리적인 대응방안 마련을 위한 기초자료로 활용할 수 있도록 하는 데에 목적이 있다. 해당 기능을 강화하여 어업인, 정책입안자 등 정보 수요자들의 의사결정에 도움을 주고자 한다.

제2절 연구 내용과 방법

1. 연구 내용

본 연구는 수산업관측사업 대상 품목인 양식미역의 중장기 수급전망모형을 구축하는 데에 범위를 한정하였으며, 현재 수산업관측센터에서 보유하고 있는 미역 수산물관측 자료를 우선적으로 고려하여 모형을 구축하고자 하였다. 이와 함께 거시경제지표와 같은 대외변수를 고려하여 이들 외생변수의 변동에 따른 영향력 분석이 가능하도록 구조를 설계하였다.

연구 내용을 살펴보면 제2장에서는 미역 양식 현황 및 수급 동향을 파악하였으며, 이에 따른 중장기 수급전망모형의 구축 방향을 제시하였다. 먼저 미역 양식어기 및 양식 방법을 살펴본 후 생물학적 영향 요인을 검토하였다. 다음으로 미역 생산, 수출입, 가격 동향을 검토하여 양식미역의 특징을 확인한 후 이를 종합적으로 참고하여 중장기 수급전망모형의 구축 방향을 설정하였다.

제3장에서는 미역 중장기 수급전망모형의 전체 구조도 및 하위 개별방정식 체계를 구축하였으며, 이를 바탕으로 개별방정식을 추정한 후 모형 예측력 검정을 실시하였다.

제4장에서는 구축된 모형을 이용하여 2022년 이후 미역의 주요 수급 지

표를 전망하였으며, 향후 중장기 수급전망모형의 개선 방향 및 활용 방안을 제시하였다.

마지막 제5장에서는 신규 모형 구축 결과를 요약하고 한계점을 제시하였으며, 추가적으로 향후 과제 및 발전 방향에 대해 제시하였다.

2. 연구 방법

본 연구에서는 중장기 수급전망모형 관련 문헌 조사, 관련 통계자료 분석, 전문가 자문, 계량 분석 등을 이용하여 연구를 수행하였다. 세부적으로 살펴보면, 첫째, 문헌 조사를 통해 품목에 특화된 중장기 수급전망모형의 구조 및 분석 방법 등을 검토하였다. 먼저 수산부문에서 수행하였던 품목별 중장기 수급전망모형 관련 선행연구를 검토하였으며, 장기간 모형 구축 및 운용 관련 연구를 수행 중인 농업부문에서의 품목별 중장기 수급전망모형 관련 선행연구를 추가적으로 검토하였다. 이와 함께 미역 품목 관련 모형의 측면에서 기 구축된 단기예측모형 연구 또한 검토하였다.

둘째, 중장기 수급예측모형 구축시 활용 가능한 통계자료를 수집 및 분석하였다. 미역 시설량, 단수, 생산량, 산지가격, 도매가격, 수출입량 등 연산 또는 연도별 미역 수급 관련 통계 DB를 구축하고, 수온 등의 미역 생육에 영향을 미치는 요인, 경영비, 거시경제 관련 통계자료를 추가적으로 수집하였다. 수집된 통계 DB를 바탕으로 전반적인 수급 동향을 파악하였으며, 해당 특징을 모형에 최대한 반영하고자 하였다.

셋째, 양식미역 수급 및 전망모형 관련 전문가에게 모형 구축 관련 자문을 수행하였다. 먼저 양식미역의 생육 및 수급 특징을 파악하여 모형에 반영하기 위해 미역 양식어가, 가공업체, 도매시장 등 생산 및 유통 관련 전문가 자문을 실시하였다. 다음으로 전남해양수산과학원, 국립해양수산과학

원 등을 방문하여 생육 시기, 주요 생장 영향 요인 등 생물학적 요인에 대한 자문을 수행하였다.

다음으로 계량경제학적 측면에서의 모형 구축을 위해 학계 전문가 자문을 수행하였다. 전망모형 구축 관련 연구를 다수 수행한 학계 전문가, 수산경제 및 계량경제 관련 전문가를 대상으로 모형 구조 설정, 최적화된 모형 추정 방법 등에 대한 자문을 실시하였다.

넷째, 앞서 수행한 방법을 기반으로 미역 증장기 수급전망모형의 전체 구조를 설정하고, 계량경제분석을 통해 하위 개별방정식을 추정하였다. 미역 증장기 수급전망모형은 양식미역에 국한된 부분균형모형(Partial equilibrium model)으로, 경제학적 인과관계를 반영할 수 있는 구조방정식(Structural equation model; SEM) 형태의 예측모형으로 설정하였다. 개별방정식 추정에는 시설량 및 단수는 패널 데이터 분석(Panel Data Analysis)을 이용한 고정효과모형(Fixed Effect model)을 이용하였으며, 수출량, 수입량, 가격 등은 통상최소자승법(Ordinary Least Squares, OLS)을 이용하였다. 자기상관 문제의 경우 GLS 등과 같은 시계열분석을 이용하기보다는 자기상관 구간에 더미변수를 적용하여 해결하고자 하였다.

최종적으로 추정된 모형은 RMSPE, MAPE, Theil의 불균등계수 등을 이용하여 예측력 검정을 실시하였으며, 구축된 모형은 운용의 편의성을 위해 엑셀 스프레드시트에 구현하여 접근성을 높이하고자 하였다.

제3절 선행연구 검토

1. 선행연구

선행연구 검토를 위하여 기존에 다양한 분야에서 수행 중인 수급전망모형 관련 연구들 중 본 연구와 가장 유사한 농업 및 수산부문으로 범위를 한정하였으며, 부분균형모형 및 구조방정식 형태의 중장기 수급전망모형에 대한 선행연구를 중점적으로 검토하였다.

먼저 농업부문에서는 한국농촌경제연구원 농업관측사업 대상 품목을 중심으로 품목별 중장기 수급전망모형 구축 및 운용 관련 연구가 다수 수행되어왔다. 먼저 김명환 외(2000)는 한국농촌경제연구원 최초의 품목별 수급모형인 KREI-COMO를 구축하였으며, 이용선·심송보(2005)는 KREI-COMO의 구축 대상 품목을 확대하고 류별 특성에 맞도록 작형별(계절별) 모형을 구축하는 개편 연구를 수행하였다.

다음으로 김연중 외(2003)는 배추의 계절별 수급모형을 개발하는 연구를 수행하였으며, 박지연·박영구(2013)는 배추와 무의 수급모형을 재구축하는 연구를 수행하였는데, 생육단계별 기상요인을 이용하여 단수 모형을 강화하였다. 한석호 외(2011)는 쌀, 배추, 콩을 대상으로 기상요인을 고려한 단수예측모형 개발 연구를 수행하였는데, 농산물의 생육에 영향을 미치는 기상요인을 설명변수로 고려함으로써 단수예측모형을 고도화하였다. 마지막으로 김충현 외(2018)는 쇠고기이력제 자료를 이용하여 한우 수급모형을 구축하는 연구를 수행하였는데, 코호트요인법과 계량경제분석을 결합하여 한우 수급모형을 새로이 구축하였다.

〈표 1-2〉 농업부문 품목별 수급전망모형 관련 주요 선행연구

구분	연구 목적	연구 방법	주요 연구 내용
1	<ul style="list-style-type: none"> 과제명: 주요 채소·과일의 수급합수 추정(2000), 농업관측 품목모형 KREI-COMO 2005 개발·운용(2005) 연구자(연도): 김명환 외(2000), 이용선·심송보(2006) 연구목적: 농업관측사업 품목 대상 KREI-COMO 개발 및 모형 개편 	<ul style="list-style-type: none"> 선행연구 검토 계량경제학적 분석 (OLS, COI, WLS, PDL, 2SLS 등) 	<ul style="list-style-type: none"> 연도별·작형(계절)별 전망모형 구축 〈2000년 연구〉 <ul style="list-style-type: none"> : 재배면적반응함수, 가격신축성함수, 수요함수 추정 〈2006년 연구〉 <ul style="list-style-type: none"> : KREI-COMO 2005 개발 및 개선, 신규 품목 확대, 류별 특성에 맞는 모형 설정
2	<ul style="list-style-type: none"> 과제명: 배추 계절별 수급모형 개발(2006), 배추·무 예측모형 고도화 방안(2013) 연구자(연도): 김연중 외(2006), 박지연·박영구(2013) 연구목적: 배추·무 계절별 수급모형 구축 및 개편 	<ul style="list-style-type: none"> 선행연구 검토 통계분석 계량경제학적 분석 (OLS, 패널분석 등) 	<ul style="list-style-type: none"> 배추·무 수급 동향, 가공현황, 통계적 특성 분석 모형구조 및 이용변수 설명 작형별 재배면적반응함수, 단위함수, 가격신축성함수, 수출입함수 등 추정
3	<ul style="list-style-type: none"> 과제명: 기상요인을 고려한 단위 예측모형 개발 연구(2011) 연구자(연도): 한석호 외(2011) 연구목적: 기상요인별 단위 변동 예측모형 개발 	<ul style="list-style-type: none"> 선행연구 검토 계량경제학적 분석 (패널분석) 	<ul style="list-style-type: none"> 쌀·고랭지배추·콩 생육 및 기상여건 분석 품목별 단위예측모형 추정 기상요인 시나리오분석을 통한 단위 예측
4	<ul style="list-style-type: none"> 과제명: 쇠고기이력제 자료를 이용한 한우 수급모형 구축(2018) 연구자(연도): 김충현 외(2018) 연구목적: 쇠고기이력제 DB를 활용한 한우 수급모형 구축 	<ul style="list-style-type: none"> 통계분석 코호트요인법 및 계량경제기법 결합 (OLS, 2SLS) 	<ul style="list-style-type: none"> 코호트요인법 이용 주요 개별방정식 추정(정액 판매량, 출생마릿수, 도축마릿수, 송아지산지가격 등)

자료: 저자 작성

다음으로 수산부문 품목별 수급전망모형 관련 연구 또한 한국해양수산개발원 수산업관측사업 대상 품목을 중심으로 이루어졌으나, 농업부문에 비해서는 다소 늦게 연구가 시작되었다. 2014년 수산업관측사업을 통해 주요 양식품목 6종(김, 미역, 광어, 우럭, 전복, 굴)의 단기예측모형이 구축되었으며, 매년 모형 개편 연구를 수행 중에 있다. 해당 모형은 단기 수급 예측에 중점이 맞추어져 있어 중장기 전망 또는 대내외 변화에 따른 시나리오분석 등에 한계가 존재한다.

이후 허수진 외(2020)는 주요 양식품목 중 김에 대한 중장기 수급전망모형을 구축하였으며, 수산업관측센터의 관측 자료를 활용하여 연산 기준의 수급 분석 및 정책 시나리오 분석이 가능하도록 하였다. 다음으로 허수진 외(2021)는 양식어류(광어, 우럭, 참돔, 송어)의 중장기 수급전망모형을 구축하였는데, 생물학적 특성을 반영하여 동태적 생태방정식 모형 체계로 설계하였다. 마지막으로 김철현 외(2022)는 굴에 대한 중장기 수급전망모형을 구축하였으며, 김과 마찬가지로 연산 기준의 분석이 가능하도록 하였다.

〈표 1-3〉 수산부문 품목별 수급전망모형 관련 주요 선행연구

구분	연구 목적	연구 방법	주요 연구 내용
1	<ul style="list-style-type: none"> 과제명: 2014년 수산물 품목별 수급 전망모형 개발사업(2014), 주요 수산물 품목별 수급 전망모형 유지보수(미역)(2016, 2021) 연구자(연도): 조재환 외(2014), 김배성 외(2014), 조재환·정호중(2016), 한석호·송성환(2021) 연구목적: 수산관측대상품목별 단기 수급예측모형 구축 및 개편 	<ul style="list-style-type: none"> 문헌조사 통계 DB 검토 계량경제학적 분석 (OLS, AR(1) 등) 	<ul style="list-style-type: none"> 품목별 수급 구조 및 생물학적 특성 관련 분석 품목별 전망모형 구조 설정 개별 방정식 추정 모형 예측력 검토
2	<ul style="list-style-type: none"> 과제명: 김 중기 수급전망모형 「Gim-MFoS」 구축 연구 연구자(연도): 허수진 외(2020) 연구목적: 김 연산별 중기 전망 및 정책시나리오 분석이 가능한 모형 구축 	<ul style="list-style-type: none"> 문헌조사 통계 DB 검토 계량경제학적 분석 	<ul style="list-style-type: none"> 연산 기준 김 수급전망모형 구축 축차형 균형가격 도출 지역별 시설량 및 단수함수, 수출수요함수, 재고함수, 가격신축성함수 등 추정 모형 예측력 검토
3	<ul style="list-style-type: none"> 과제명: 주요 양식어류 수급전망 고도화를 위한 모형구축 연구 연구자(연도): 허수진 외(2021) 연구목적: 주요 양식어류(광어, 우럭, 참돔, 송어) 중장기 수급 전망 및 정책시나리오 분석이 가능한 모형 구축 	<ul style="list-style-type: none"> 문헌조사 통계 DB 검토 계량경제학적 분석 	<ul style="list-style-type: none"> 양식어류 수급전망모형 구축 동시균형방식 균형가격 도출 입식량, 양성물량, 수출입, 수요함수 등 추정 모형 예측력 검토
4	<ul style="list-style-type: none"> 과제명: 양식 수산물 중장기 수급 전망모형 구축 연구-굴을 중심으로 연구자(연도): 김철현 외(2022) 연구목적: 굴 연산별 중기 전망 및 정책시나리오 분석이 가능한 모형 구축 	<ul style="list-style-type: none"> 문헌조사 통계 DB 검토 계량경제학적 분석 	<ul style="list-style-type: none"> 연산 기준 굴 수급전망모형 구축 축차형 균형가격 도출 지역별 시설량 및 단수함수, 수출수요함수, 가격신축성함수 등 추정 모형 예측력 검토

자료: 저자 작성

2. 선행연구와의 차별성

본 연구와 선행연구와의 차별성을 정리하면 다음과 같다.

첫째, 미역의 생산어기를 기준으로 연산별 수급전망모형을 구축하였다. 김, 미역, 굴 등 특정 어기에 주로 생산되는 품목의 경우 회계연도(1~12월) 기준의 생산량이 아닌, 연산 개념의 생산량 전망이 적합하다. 현재 김, 굴에 대해 연산 기준 수급전망모형이 구축되어 있으며, 각 품목별 특성에 맞추어 각기 다른 형태의 모형이 구축되어있다. 따라서 본 연구에서는 양식 미역에 특화된 수급전망모형을 구축함으로써 미역 양식업에 대한 중장기 수급 전망이 이루어질 수 있도록 하였다.

둘째, 미역의 수급 특성에 맞는 모형으로 구조를 설계하였다. 미역은 다른 양식품목과 달리 용도에 따라 식용과 비식용 생산량으로 구분될 수 있다. 해당 특성에 따라 미역 중장기 수급전망모형 또한 식용과 비식용으로 구분하여 모형을 달리 구축하였다. 이와 함께 식용미역은 가공용과 나물용으로 구분되는데, 가공용은 전남지역, 나물용은 부산·울산 등 지역에서 생산되는 특성을 반영하여 지역별 전망이 가능하도록 모형을 구축하였다.

셋째, 수산분야에서 거의 고려되지 못하였던 생물학적 요인을 설명변수로 투입하여 단수 함수를 고도화하였다. 기존 연구에서는 생물학적 요인을 고려하지 않거나, 주산지의 월별 수온 자료를 단순 선형 모형 형태로 적용하여 단수를 추정하였다. 이 때 수온 변수의 계수값이 음(-)으로 도출될 경우, 수온이 무한정으로 상승하게 되면 단수 또한 무한정으로 감소하는 것으로 나타나므로 추정된 계수값의 편의가 발생하게 된다. 이를 해결하기 위해 본 연구에서는 다양한 생물학적 요인을 고려하되, 2차 함수 형태를 이용하여 통계적으로 단수의 최적점(Optimal point)까지는 단수가 증가하다가 이후에는 감소하는 형태로 단수 함수를 구축하였다.

02

미역 수급 특성 및 모형 구축 방향

제1절 미역 양식 현황

1. 미역 양식 과정¹⁾

미역은 1960년대 후반에 최초로 인공 양식이 시작되었는데, 미역 양식업은 1970년부터 미역 종묘생산업체가 다수 설립되었고 연승 수하식 양식 기술이 개발되면서 획기적으로 발전하였다. 특히 1975년부터 염장 미역 생산 기술이 보급되면서 일본으로의 수출이 크게 늘었다. 1990년대까지 연간 30만 톤 이상의 미역이 생산되면서 과잉생산에 대한 우려가 발생하였으며, 이로 인해 김과 함께 안전 생산 품목으로 지정되어 생산을 조절해왔다. 그러나 최근에는 전복 먹이용 미역 수요가 크게 늘면서 생산이 다시 증대되고 있다.

미역 양식업은 크게 종묘-가이식-양성-생산 등 총 4단계로 구분될 수 있다. 이 때 종묘 및 가이식 단계는 대부분 종자 생산업체에서 이루어지며, 양성 및 생산 단계는 미역 양식어가에서 이루어진다. 전반적인 미역 양식 작업 과정을 살펴보면 다음과 같다.

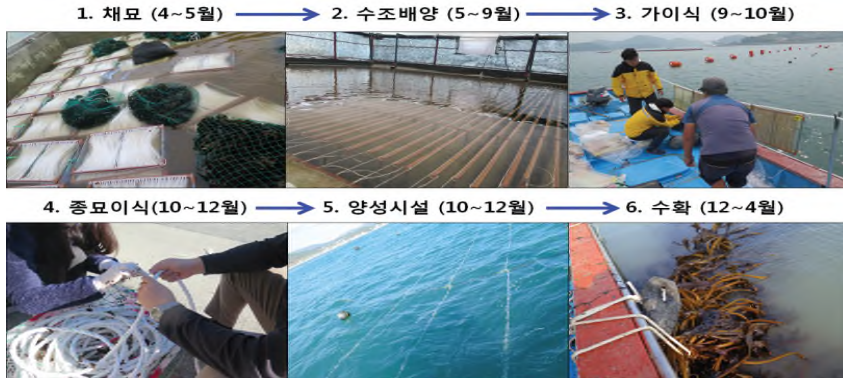
1) 국립수산물과학원(2018)을 요약·정리하였다.

〈표 2-1〉 미역 양식 과정 및 시기

구분	4월	5월	...	8월	9월	10월	11월	12월	1월	2월	3월	4월	5월
종묘	채묘			수조배양									
가이식					가이식								
양성						시설 설치 및 본양성							
생산									채취				종료

자료: 강경희(2021), p.50을 참고하여 저자 재작성

〈그림 2-1〉 미역 양식 작업 과정



자료: 국립수산물과학원(2018), p. 66.

먼저 미역 종자는 4~5월경에 채묘하여 5월 중하순~8월경까지 육상수조에서 배양 과정을 거친다. 이후 9월 하순부터 10월 초순경에 가이식을 실시하는데, 가이식은 여름철 수조에서 배양된 종묘를 양식장에 시설하기 전에 미리 해양 환경에 적응 및 단련시켜 건강한 종묘로 키우는 과정을 의미한다.

가이식 방법은 종묘배양장에서 채묘들을 8~10개씩 서로 연결하여 가이식을 준비한다. 연결된 채묘들을 종묘배양장에서 수거하여 배로 옮긴 후 가이식장으로 이동하여 연승수하식 양성로프에 수평으로 연결한다. 이 때 가이식은 조류 소통이 좋고 해안선 가까이의 비교적 투명도가 낮은 곳에서

주로 이루어지며, 안정적인 생장을 위해 수온 변동이 적고 외양수 영향을 적게 받는 지역에서 이루어진다.

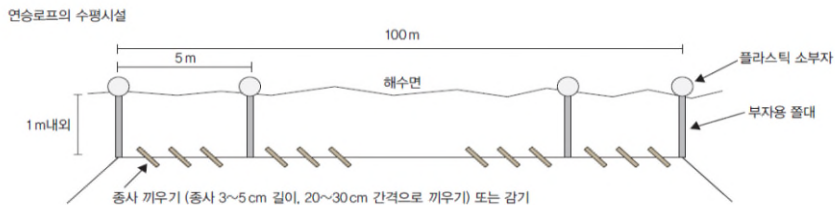
〈그림 2-2〉 미역 가이식 작업



자료: 국립수산과학원(2018), p. 41.

다음으로 가이식 기간 동안 미역 종묘가 3~5mm로 생장하고, 양식장 수온이 18℃ 이하로 지속되는 10월부터는 미역 시설 설치 및 본양성이 이루어진다. 일반적으로 미역 시설은 연승수하식 방식을 적용하여 해수면과 수평으로 양성이 이루어진다.

〈그림 2-3〉 미역 수평식 양성시설



자료: 국립수산과학원(2018), p. 45.

미역 양성을 위해서는 종묘를 연승줄에 이식해야 하는데, 종묘를 이식하

는 방법은 미역 용도에 따라 구분되는데, 가공용 미역 생산에는 주로 끼우기식 방법을, 전복먹이용 미역 생산에는 감기식 방법을 이용한다. 끼우식 방법은 종묘가 부착된 종사를 3~5cm 길이로 잘라 준비한 후 연승줄에 절단된 종사를 끼워넣는다. 이 때 종묘는 연승줄 20~30cm 간격으로 이식하며, 채묘틀 1틀²⁾로 연승줄 약 10대³⁾를 시설할 수 있다. 감기식 방법은 연승줄에 종사와 종사 풀림 방지 줄을 함께 감아 종묘를 이식하는 것으로, 채묘틀 1틀로 1.5대를 시설할 수 있다.

〈그림 2-4〉 미역 종묘이식 방법



〈끼우기식 방법〉



〈감기식 방법〉

자료: 국립수산물과학원(2018), p. 46.

이러한 과정을 통해 종묘를 이식한 연승줄을 미역 양식장에 시설하면 본격적인 양성이 이루어진다. 이 때, 수온 변동에 따라 본양성 시기는 지역별로 차이를 보이는데, 전남지역에서는 10월 말, 부산지역에서는 11월 초에 본양성이 시작된다.

본양성이 이루어지면 11월부터는 미역 채취가 시작된다. 여기 초에 채취되는 미역은 나물용 및 1차 전복먹이용 미역으로, 11월에서 1월까지 생산된다. 2월부터 4월까지의는 가공용 및 2차 전복먹이용 미역이 생산되며, 해당 기간에 가장 많은 양의 미역이 생산된다. 마지막으로 4~5월에는 대부분 생

2) 채묘틀 1틀의 종사 길이는 180m이다.

3) 연승줄 1대는 100m 길이로, 연승줄 10대는 1,000m를 의미한다.

산 어기가 종료된다.

2. 미역 생물학적 특성⁴⁾

미역의 생물학적 영향 요인을 확인하기 위해 국립수산물과학원의 관련 자료를 우선적으로 검토하였으며, 국립수산물과학원의 미역 양식 관련 전문가에게 자문을 실시하였다.

미역의 전체 어기 중 미역 생장에 가장 영향을 미치는 시기는 어린 엽체 시기인 어기 초가 가장 중요한 것으로 나타났다. 이는 어기 초에 청수가 유입되는 등 수온 변동이 심할 경우 싹녹음⁵⁾ 문제가 발생할 확률이 높아지기 때문이다. 엽체에 문제가 발생할 경우 신규 시설을 설치할 수는 있으나, 해당 기간만큼 생산이 지연되므로 최종적으로는 생산량에 영향을 미칠 수밖에 없다.

미역의 생장에 영향을 주는 주요 요인으로는 수온, 조도, 영양염류 등을 들 수 있다. 수온의 경우 모든 미역 양식 단계에서 중요한 영향을 미치는 데, 일반적으로 가이식은 20℃ 이하, 본양성은 18~20℃ 이하에서 병해 피해가 발생하지 않는다. 수온이 너무 낮아도 미역 생장에 좋지 않은데, 대체로 10℃ 이하의 수온에서는 미역이 잘 자라지 못한다. 최근에는 기후변화에 따라 수온이 20℃ 이하로 낮아지는 시기가 늦어지면서 본양성 적정 시기 또한 점점 늦어지고 있는데, 이와 반대로 어업인들은 시설 입식을 더 빨리 시작하려는 경향을 보이고 있어 양성에 문제가 발생할 가능성이 높아

4) 미역의 생물학적 영향 요인을 확인하기 위해 미역 양식 표준 매뉴얼(국립수산물과학원, 2018)을 검토하였으며, 미역 주산지에 위치한 전남해양수산물과학원 및 국립수산물과학원 수산종자육종연구소를 방문하여 전문가 자문을 수행하였다.(2023.3.22.~24, 고희, 해남)

5) 싹녹음은 가이식 또는 본양성 초기(10~12월)에 수온이 급격히 상승하거나 고수온이 지속될 때 발생하는 미역의 생리장애로, 어린 유엽이 퇴색되면서 녹아 없어지거나, 엽체 탈락이 발생하는 현상을 의미한다.(국립수산물과학원, 2018, p.70.)

지고 있다.

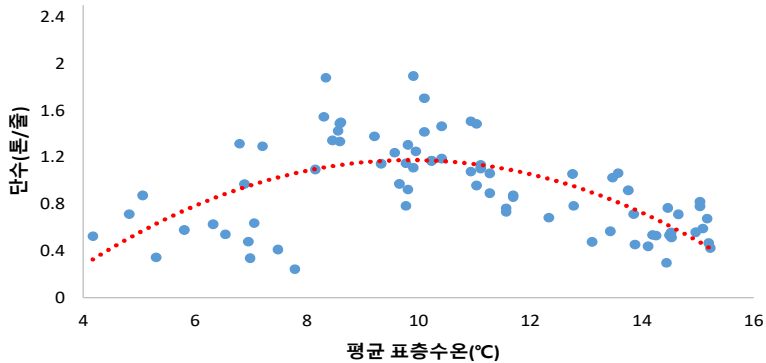
다음으로 미역의 생장에 영향을 미치는 요인에는 조도를 들 수 있다. 미역의 경우 부자를 이용하여 시설의 수심을 조절함으로써 조도를 관리하고 있는데, 초기 엽체 성장 시기에는 수온뿐만 아니라 조도 또한 매우 중요한 역할을 하는 것으로 나타났다. 여기 초에 너무 오래 광선에 노출될 경우 싹녹음이 발생할 확률이 커질 수 있으므로 적절한 조도를 유지하는 것이 필요하다.

그 외 생물학적 요인 중 영양염류 또한 미역의 생장에 영향을 미치는 것으로 나타났다. 미역, 다시마 등의 갈조류는 김과 같은 홍조류에 비해 영양염류 요구량은 적은 편이나, 영양염류가 부족할 경우 미역 성장이 부진하는 등 영향을 미칠 수 있다. 일례로 여기 초 미역 성장이 부진했던 2023년 11월 중하순에 수질 검사를 실시한 결과, 영양염류가 존재하지 않은 것으로 나타났다.

한편, 염분의 경우 연간 농도 변화가 거의 없으며, 미역 성장에도 크게 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다.

종합적으로 미역의 성장에는 수온, 조도, 영양염류 등이 가장 큰 영향을 미치며, 시기상으로는 여기 초에 가장 큰 영향을 받는 것으로 나타났다. 이러한 특성은 미역 단수와 수온, 조도, 영양염류와의 관계를 도식화하여 확인할 수 있다.

〈그림 2-5〉 평균 표층 수온과 식용미역 단수와의 관계

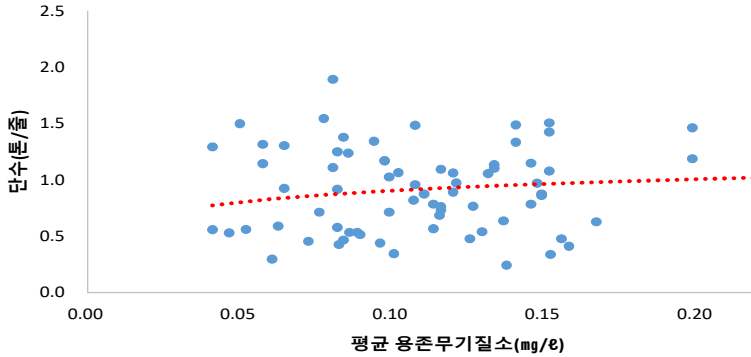


자료: 한국해양수산개발원 수산업관측센터, 미역 관측통계(검색일: 2023.8.25.), 국립수산물과학원, 어장환경 모니터링(검색일: 2023.8.30.)

12~2월 평균 표층 수온과 식용미역 단수와의 관계를 살펴보면, 상호간에 비선형관계를 가지는 것으로 나타났다. 이는 수온이 일정 수준까지 상승함에 따라 단수가 증가하는 경향을 보이다가, 수온이 최적점을 지나게 되면 단수가 감소하는 것을 의미한다. 따라서 최적 수온인 10°C를 기준으로 수온이 상대적으로 낮게 형성되거나, 반대로 높게 형성될 경우 미역 생장이 부진한 것으로 나타났다.

다음으로 영양염류의 영향력을 확인하기 위해 어기 초인 10~12월 평균 표층 용존무기질소와 식용미역 단수와의 관계를 살펴보았다. 그 결과 명확한 관계는 보이지 않으나, 용존무기질소가 증가함에 따라 단수가 소폭 증가하는 경향을 보였다. 이는 영양염류가 풍부하게 형성될 경우 미역 생장이 활발히 이루어지면서 단수에도 영향을 미치는 것으로 볼 수 있다.

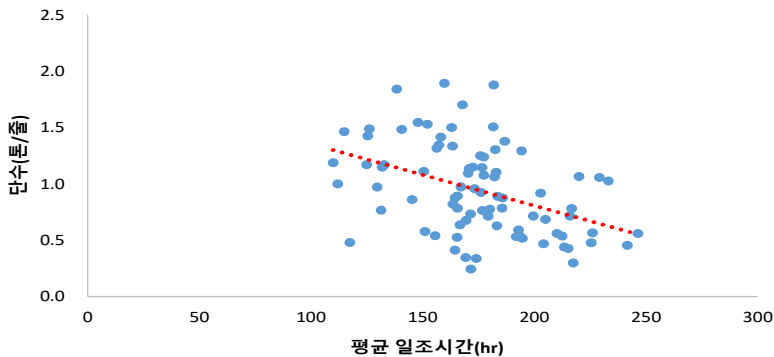
〈그림 2-6〉 평균 표층 용존무기질소와 식용미역 단수와의 관계



자료: 한국해양수산개발원 수산업관측센터, 미역 관측통계(검색일: 2023.8.25.), 국립수산물과학원, 어장환경 모니터링(검색일: 2023.8.30.)

마지막으로 조도와 단수간의 관계를 확인해 보았는데, 조도 관련 통계자료가 부재하여 일조시간을 대리변수로 이용하였다. 분석 결과 어기 초인 11~12월 평균 일조시간이 길어짐에 따라 단수는 감소하는 경향을 보여, 적정 수준 이상 태양광에 노출될 경우 미역 생장이 부진한 것으로 나타났다.

〈그림 2-7〉 평균 일조시간과 식용미역 단수와의 관계



자료: 한국해양수산개발원 수산업관측센터, 미역 관측통계(검색일: 2023.8.25.), 기상청, 기상자료개방포털 (검색일: 2023.8.30.)

따라서 미역 증장기 수급전망모형 구축시 이러한 생물학적 요인들을 주요 설명변수로 고려한다면 보다 설명력 높은 모형을 구축할 수 있을 것으로 판단된다.

제2절 미역 수급 동향

1. 생산 동향

우리나라에서 생산되는 미역은 대부분 양식산⁶⁾으로, 미역은 용도에 따라 식용 미역과 전복 먹이용으로 이용되는 비식용 미역으로 구분된다. 식용 미역은 다시 나물용 미역과 가공용 미역으로 구분되는데, 나물용 미역은 어기 초인 전년 11월에서 금년 1월에 채취한 부드럽고 어린 미역을 의미하며, 가공용 미역은 금년 2월에서 4월까지 채취한 염장 및 건조용 미역을 의미한다.

미역 양식은 주로 완도, 고흥 등 전남, 부산, 울산, 충남지역 등에서 이루어지고 있으며, 경북이나 강원 등 기타 지역에서도 일부 양식되고 있으나, 그 양은 미미한 수준이다. 주산지 중 전남지역에서 90%가량 생산되고 있으며, 다음으로 부산, 울산 순으로 생산되고 있다. 특히 전남지역 중 완도의 생산량이 가장 많으나, 대부분 전복먹이용 생산량이며, 식용 미역을 기준으로 살펴보면 고흥지역의 생산량이 가장 많다.

나물용 미역은 전체 생산량의 10% 수준인데, 대부분 충남, 부산 및 울산

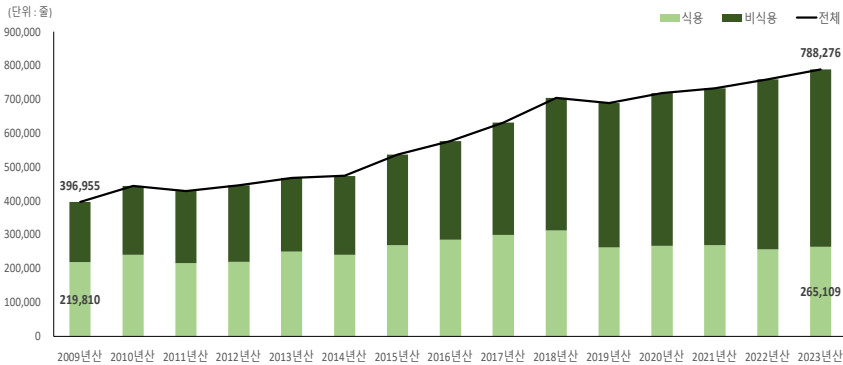
6) 통계청의 어업생산동향조사 결과에 따르면, 최근 5년 평균 미역 생산량의 99%는 양식산이었으며, 자연산 생산 비중은 1%에 불과했다.

지역에서 생산된다. 충남지역에서는 전량 나물용 미역이 생산되며, 부산 및 울산지역의 경우 해당 지역 총 생산량의 30%가량이 나물용 미역인 것으로 파악된다.

1) 시설량

먼저 양식미역 시설량 추이를 살펴보면, 2023년산 전체 시설량은 78만 8천 줄로 2009년산에 비해 98.6% 증가했으며, 연평균 5.0%씩 늘어난 것으로 나타났다. 특히 식용 미역에 비해 비식용 미역 시설량이 크게 늘었는데, 2023년산 비식용 미역 시설량은 연평균 8.0% 증가한 52만 3천 줄이었으며, 전체 시설량의 66.4%를 차지했다. 이는 전북 양식업이 활발히 이루어지면서 전북먹이용 미역 수요가 크게 늘어 비식용 시설량이 증가한 것으로 판단된다.

〈그림 2-8〉 미역 양식 시설량 추이

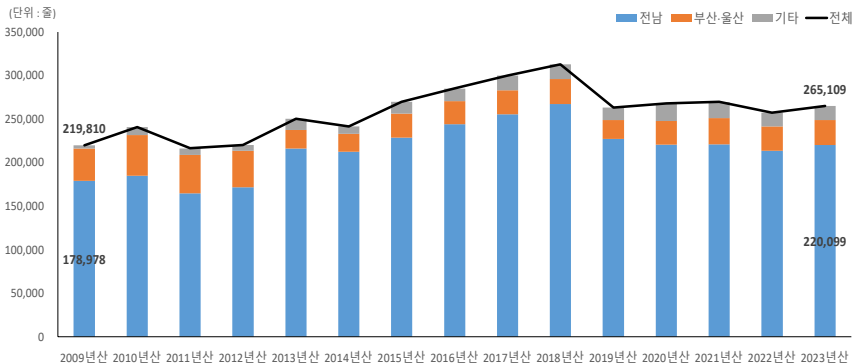


자료: 한국해양수산개발원 수산업관측센터, 미역 관측통계(검색일: 2023.8.25.)

식용 미역 시설량은 비식용 미역에 비해 변동폭이 적었는데, 2023년산 식용 미역 시설량은 26만 5천 줄로 2009년산 대비 연평균 1.3%씩 증가했다. 그러나 최근 5년 평균에 비해서는 3.3% 적었으며, 2019년부터 감소하는 추세를 보이고 있다.

지역별로는 전남지역의 시설량이 전체 시설량의 80% 이상으로 가장 많은 비중을 차지했으며, 전남지역 내에서는 고흥지역의 시설비중이 50% 이상인 것으로 나타났다. 2023년산 전남지역 시설량은 2009년산 대비 연평균 1.5%씩 증가했으나, 최근 5년 평균에 비해서는 4.3% 감소하였으며, 2019년산부터 시설 비중이 줄고 있는 경향을 보였다. 부산 및 울산지역의 경우 2009년산에 비해서는 시설 규모가 감소했으나, 최근 5년 평균보다는 6.8% 많아 증가세를 보였다. 마지막으로 충남 등 기타지역은 규모가 매우 적으며, 최근에는 1.6만 줄 내외의 시설규모를 유지하였다.

〈그림 2-9〉 식용미역 양식 시설량 추이

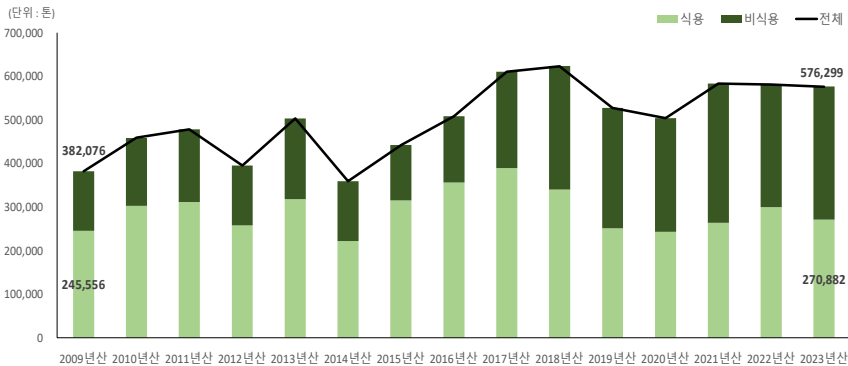


자료: 한국해양수산개발원 수산업관측센터, 미역 관측통계(검색일: 2023.8.25.)

2) 생산량

다음으로 양식미역 생산량을 살펴보면, 2023년산 양식미역 총 생산량은 57만 6천 톤으로 2009년산 대비 연평균 3.0%씩 증가했으며, 최근 5년 평균에 비해서도 2.3% 많았다. 이 중 식용 미역 생산량은 27만 톤으로 총 생산량의 47.0%를 차지했으며, 비식용 미역 생산량은 총 생산량의 53.0%인 30만 5천 톤이었다. 시설량 추이와 마찬가지로 식용 미역에 비해 전복 먹이용 미역 생산량 증가폭이 더 컸는데, 2023년산 식용 미역 생산량은 2009년산을 기준으로 연평균 0.7% 증가했으나, 비식용 미역은 연평균 5.9% 늘어난 것으로 나타났다.

〈그림 2-10〉 미역 양식 생산량 추이



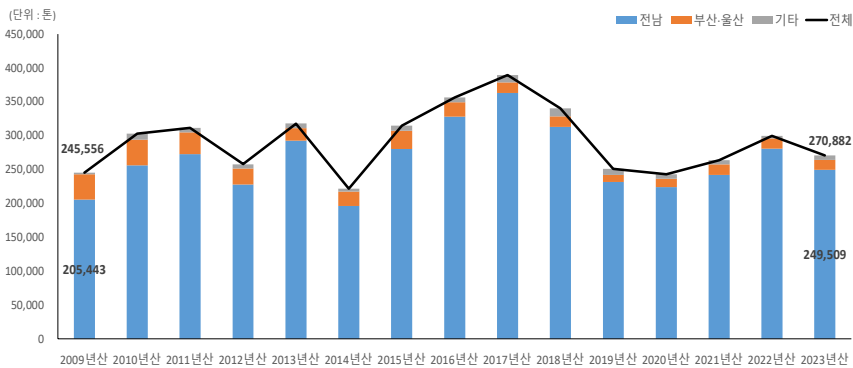
자료: 한국해양수산개발원 수산업관측센터, 미역 관측통계(검색일: 2023.8.25.)

식용 미역 생산량을 세부적으로 살펴보면, 시설량은 2019년부터 감소세를 보인 반면, 생산량은 증가하는 경향을 보였다. 이를 통해 미역은 작황 변동에 따라 단위면적당 생산량(단수)이 큰 영향을 받는 것을 알 수 있다.

지역별로는 식용 미역의 90% 이상이 전남지역에서 생산되었으며, 부산

울산 및 기타지역의 생산 비중은 미미하였다. 부산 및 울산 지역의 생산 비중은 2014년까지 10~15% 내외를 유지하였으나, 이후 5% 수준으로 감소하였으며, 상대적으로 전남지역의 생산 비중은 증가하였다.

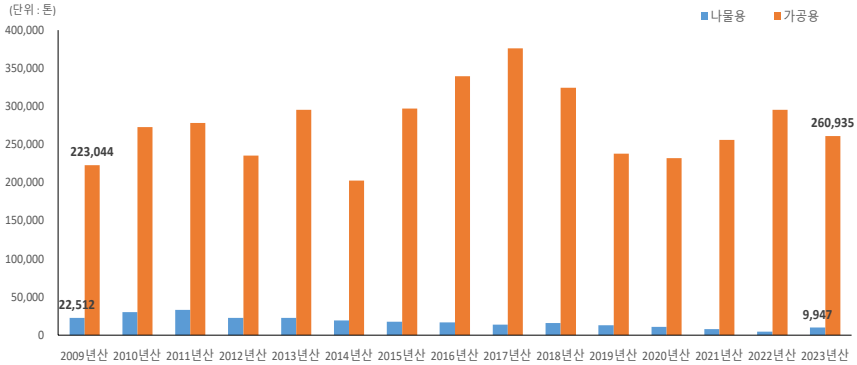
〈그림 2-11〉 식용미역 양식 생산량 추이



자료: 한국해양수산개발원 수산업관측센터, 미역 관측통계(검색일: 2023.8.25.)

한편, 식용 미역 생산량을 용도에 따라 나물용과 가공용으로 구분하여 살펴보았는데, 이 때 나물용은 11월~1월, 가공용은 2~4월 생산량을 합산하여 대략적으로 확인하였다. 그 결과, 2023년산 나물용 미역의 생산량은 9,947톤으로 2009년산을 기준으로 연평균 5.7%씩 감소한 반면, 가공용 미역은 연평균 1.1%씩 증가한 26만 1천 톤으로 나타났다. 나물용 미역은 2011년까지 전체 생산량의 10% 가량을 차지하였으나, 최근에는 2~5% 내외의 비중을 보여 생산 감소세가 이어지고 있는 것으로 나타났다.

〈그림 2-12〉 용도별 미역 양식 생산량 추이



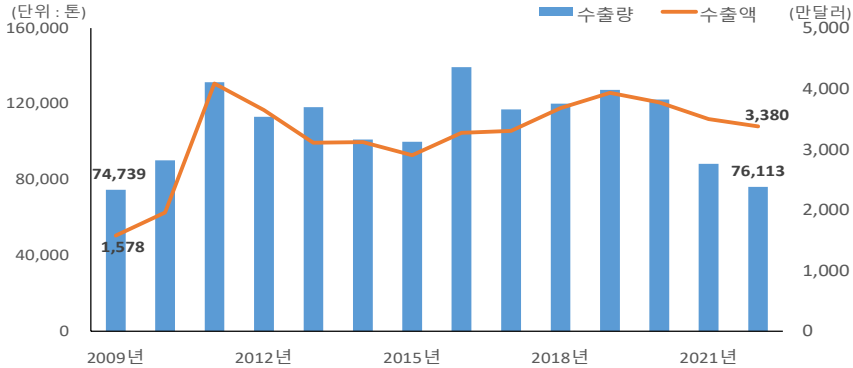
자료: 한국해양수산개발원 수산업관측센터, 미역 관측통계(검색일: 2023.8.25.)

2. 수출입 동향

1) 수출

우리나라 미역 수출량은 약 10만 톤으로 전체 생산량의 1/3가량이 수출되고 있다. 2022년 미역 수출량은 7만 6천 톤으로 2011~2020년까지 10만 톤 내외로 수출되다가 2021년부터 10만 톤 미만으로 감소하는 경향을 보였다. 반면, 수출금액은 2009년을 기준으로 연평균 6.0%씩 증가하였는데, 2022년 미역 수출금액은 3,380만 달러로 수출량에 비해 감소폭이 적었다. 이는 0.2~0.3달러 선을 유지하던 수출단가가 2021년부터 0.40~0.44달러로 상승했기 때문이다.

〈그림 2-13〉 미역 수출량 및 수출금액 추이

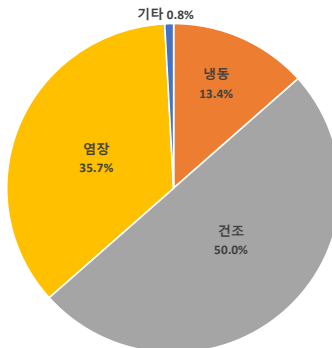


주 : 수출입 원자료에 수율을 적용하여 원물로 환산하였음

자료 : 한국해양수산개발원 수산업관측센터, 미역 관측통계(검색일: 2023.3.10.)

제품형태별 미역 수출 동향을 살펴보면, 최근 5년 평균을 기준으로 전체 수출량의 50%는 건조 형태로 수출되었다. 다음으로 염장미역 35.7%, 냉동미역 13.4% 등의 순이었다.

〈그림 2-14〉 최근 5년 평균 제품형태별 미역 수출 비중



주 : 수출입 원자료에 수율을 적용하여 원물로 환산하였음

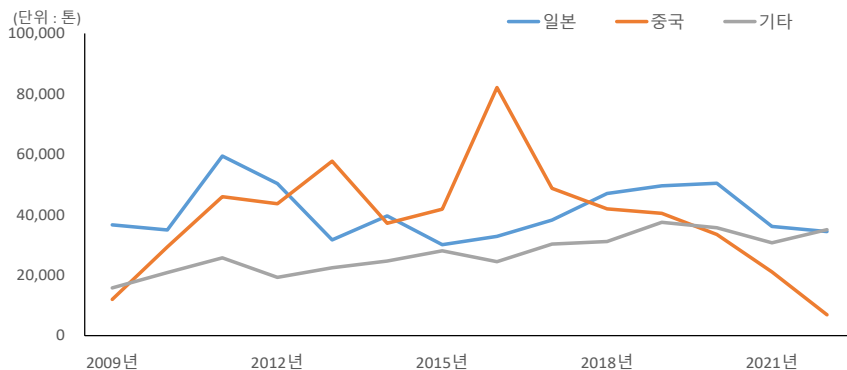
자료 : aT KATI(검색일: 2023.3.13.)

이 중 염장미역은 2011년 이후 매년 4~5만 톤가량이 수출되다가, 2021년 2만 5천 톤, 2022년 1만 1천 톤으로 급격히 감소하였다. 이는 2021년 3월경 발생했던 중국산 미역의 원산지 표시 관련 이슈로 임가공을 목적으로 한 수출이 줄었기 때문이다.

국가별로는 주로 일본, 중국 등으로의 수출이 가장 많이 이루어지고 있다. 최근 5년 평균 기준 전체 미역 수출량의 40.9%가 일본으로 수출되었으며, 27.1%는 중국으로 수출되었다. 일본으로의 수출량은 4만 3천 톤으로, 주로 건미역 제품이 수출되고 있다.

다음으로 중국으로의 수출량은 2만 9천 톤으로, 2020년까지 3~4만 톤가량이 수출되었으나, 2021년부터 감소세를 보이면서 2022년에는 7천 톤이 수출되었다. 임가공 목적의 염장미역 위주로 수출되었으나, 2021년 발생한 이슈로 인해 최근에는 염장미역 수출이 거의 이루어지지 않고 있으며, 대부분 건미역 형태로 수출되고 있다.

〈그림 2-15〉 주요 국가별 미역 수출 추이



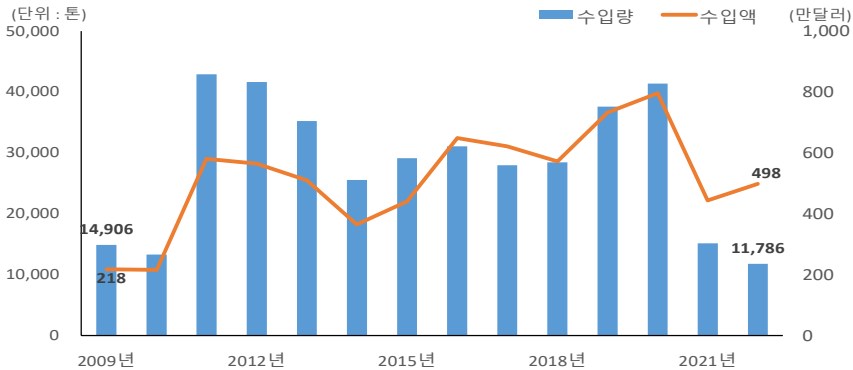
주 : 수출입 원자료에 수율을 적용하여 원물로 환산하였음
 자료 : aT KATI(검색일: 2023.3.13.)

2) 수입

최근 5년 평균 미역 수입량은 2만 7천 톤으로 수출과 마찬가지로 2021년부터 감소세를 보였다. 2011~2020년까지 4만 톤 내외의 수입을 유지하였으나, 2021년에는 1만 5천 톤, 2022년에는 1만 2천 톤으로 크게 감소하였다. 수입금액 또한 2021년에 크게 줄었는데, 2020년 796만 달러였던 미역 수입금액은 2021년부터 급감하여 2022년에는 498만 달러를 기록했다. 이는 2021년부터 임가공을 목적으로 수출된 물량이 크게 감소하면서 수입 물량 또한 줄어든 것으로 판단된다.

한편, 0.15~0.20달러 수준을 유지하던 수입단가 또한 2022년 0.42달러로 크게 상승하였으며, 이로 인해 수입량 또한 감소하였다.

〈그림 2-16〉 미역 수입량 및 수입금액 추이



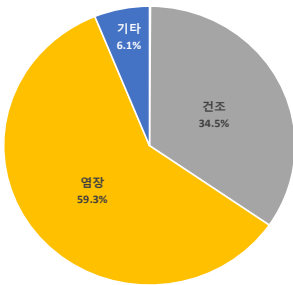
주 : 수출입 원자료에 수율을 적용하여 원물로 환산하였음

자료 : 한국해양수산개발원 수산업관측센터, 미역 관측통계(검색일: 2023.3.10.)

제품형태별로 살펴보면, 전체 수입량의 59.3%는 염장미역이었으며, 34.5%는 건미역이었다. 임가공 목적의 염장미역 수출량이 줄면서, 염장미역 수입량 또한 감소세를 보였다. 2020년 1만 3천 톤이었던 염장미역 수

입량은 2021~ 2022년에는 8천 톤 대로 감소하였다.

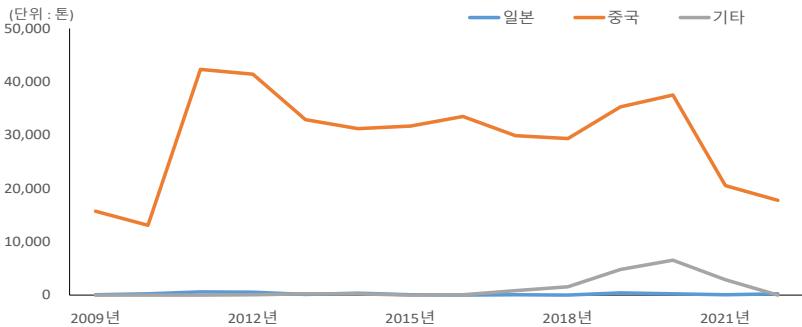
〈그림 2-17〉 최근 5년 평균 제품형태별 미역 수입 비중



주 : 수출입 원자료에 수율을 적용하여 원물로 환산하였음
자료: aT KATI(검색일: 2023.3.13.)

국가별로는 전체 수입량의 89%가 중국에서 수입되고 있는데, 여기에는 임가공 목적으로 수출되었던 물량이 다수 포함되어 있는 것으로 판단된다. 2020년까지는 매년 3만 톤에서 3만 5천 톤가량이 중국에서 수입되었으나, 최근에는 염장미역 수출이 줄면서 2만 톤에도 미치지 못하는 양이 수입되고 있다.

〈그림 2-18〉 주요 국가별 미역 수출입 추이



주 : 수출입 원자료에 수율을 적용하여 원물로 환산하였음
자료: aT KATI(검색일: 2023.3.13.)

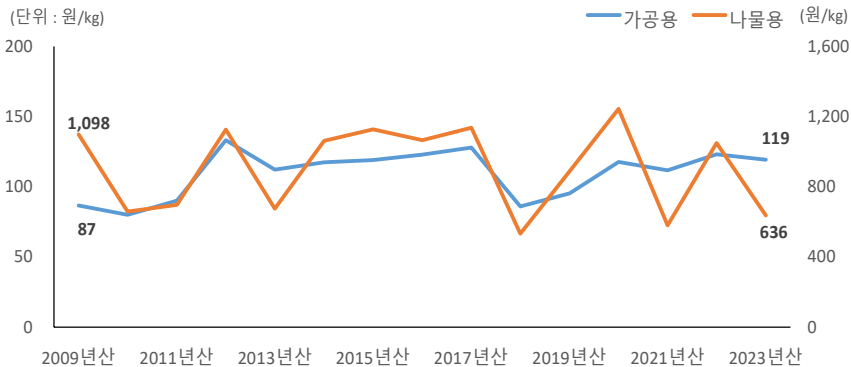
3. 가격 동향

1) 산지가격

양식미역 산지가격은 생산량과 마찬가지로 용도에 따라 나물용과 가공용으로 구분할 수 있는데, 가공용에 비해 나물용 미역의 산지가격이 상대적으로 더 높게 형성되고 있다. 한편, 가공용은 고흥지역의 2~4월 평균 산지가격을, 나물용은 부산지역의 11~1월 평균 산지가격을 이용하였다.

먼저 가공용 미역 산지가격은 kg당 100원 내외로 형성되고 있는데, 2023년산 가공용 미역 산지가격은 kg당 119원으로 연평균 2.5%씩 상승하였으며, 2018년에 하락한 이후 지속적인 상승세를 보였다. 가공용 미역 산지가격은 비교적 안정적인 움직임을 보였으나, 나물용 미역 산지가격은 연간 등락폭이 컸다. 2023년산 나물용 미역 산지가격은 kg당 636원으로 연평균 4.1%씩 하락하였으며, 2018년부터 매년 급격한 등락폭을 보이고 있다.

〈그림 2-19〉 미역 산지가격 추이

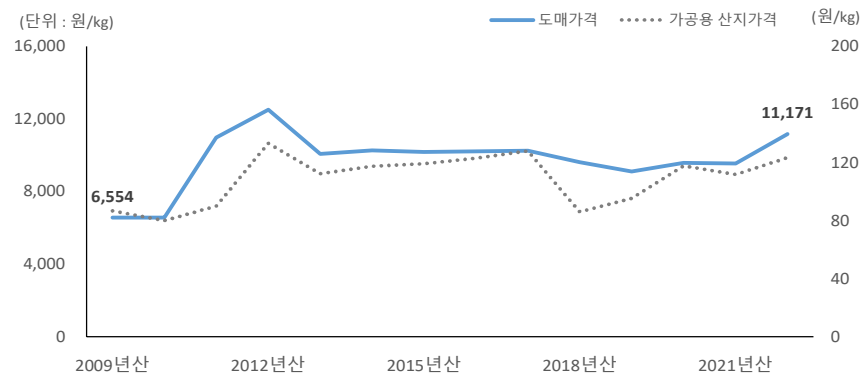


자료: 한국해양수산개발원 수산업관측센터, 미역 관측통계(검색일: 2023.8.25.)

2) 도매가격

다음으로 마른실미역 도매가격 추이를 확인해보면, 비교적 가공용 산지 가격 추이와 유사한 흐름을 보였다. 2022년산 마른실미역 도매가격은 kg 당 11,171원으로 2009년 기준 연평균 4.2%씩 상승하였다. 마른실미역 도매가격은 가공용 산지가격과 유사한 흐름을 보이고는 있으나, 연간 가격 변동이 크지 않는 것으로 나타났다.

〈그림 2-20〉 마른실미역 도매가격 추이



자료: 한국해양수산개발원 수산업관측센터, 미역 관측통계(검색일: 2023.3.10.)

제3절 미역 중장기 수급전망모형 구축 방향

제2장 1~2절에서 살펴본 미역의 생물학적 영향 요인 및 수급 특성을 종합적으로 고려하였을 때, 향후 미역 중장기 수급전망모형 구축 방향은 다음과 같다.

1. 생산 특성에 따른 미역 모형 분리 구축

미역은 용도별로 식용-비식용, 가공용-나물용으로 구분될 수 있는데, 이들은 용도를 달리 하기 때문에 수급 구조나 시장 영향력이 서로 상이하다. 따라서 미역 중장기 수급전망모형은 용도별로 식용미역 전망모형과 비식용미역 전망모형으로 분리하여 구축할 필요가 있다.

통계청의 어업생산동향조사 자료나 해양수산부의 천해양식어업권 자료에서는 생산량 및 면허면적이 식용-비식용으로 구분되지 않고 있으나, KMI 수산업관측센터의 관측자료는 시설량 및 생산량을 용도별로 구분되어 있으므로 해당 자료를 이용할 경우 생산 특성에 따라 모형을 분리하여 구축할 수 있다.

식용 미역의 경우 가공용과 나물용으로 구분할 수 있는데, 가공용과 나물용 미역은 서로 다른 상품으로 취급될 수 있으며, 가격 또한 상이하게 형성된다. 이는 농업부문에서 계절별 배추 및 무와 유사한 경우라고 할 수 있다. 따라서 수급전망모형 또한 가공용과 나물용을 구분하여 구축할 필요가 있으며, 농업부문에서도 계절별로 작물을 구분하여 모형을 구축한 바가 있다.

그러나 현재 수집된 통계DB 수준에서는 가공용과 나물용 수급전망모형을 구분하여 구축하는 데에 한계가 존재하였다. 이는 미역 시설량이 가공용과 나물용 미역으로 명확하게 구분되지 못하기 때문이다.

과거에는 9월 중순부터 11월 초까지 시설된 미역을 조기산, 10월부터 12월 상순까지 시설된 미역을 만기산으로 구분하였으며, 조기산을 나물용 미역, 만기산을 가공용 미역으로 볼 수 있었다. 그러나 최근에는 부산·울산 지역에서 나물용과 가공용이 혼재되어 생산되는 경향이 커지면서 이를 명확하게 구분하는 데에 어려움이 존재하였다. 현재 KMI 수산업관측센터의

표본어가 의향조사를 통해 일부 연도는 가공용과 나물용 미역 시설량 구분이 가능하나, 2개년 정도에 불과하여 현 수준에서는 가공용과 나물용 미역을 구분하여 모형을 구축하는 것이 다소 어려울 것으로 판단된다.

대신 가공용 미역의 생산 비중이 90% 이상을 차지하고 있으므로 가공용 미역에 초점을 맞추어 모형을 구축하며, 주산지인 전남(고흥, 완도, 전남기타), 부산, 울산, 기타 지역을 기반으로 지역별 수급전망모형을 구축하고자 한다.

한편, 비식용 미역은 전복 양식어가에서 전복먹이용(사료용)으로 이용되므로, 전복 수급과 밀접한 상관관계에 있다. 따라서 해당 모형 구축시 양식 전복의 수급과 연계하여 생산량을 도출하여야 할 필요가 있다.

2. 생물학적 요인을 고려한 모형 구축

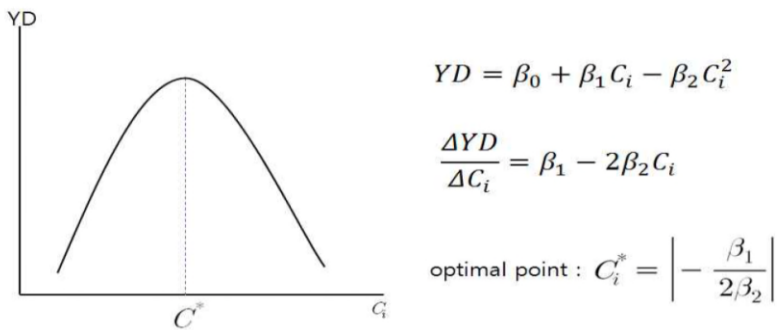
수온, 조도, 영양염류 등과 같은 생물학적 요인은 미역 생장에 직접적인 영향을 미치며, 해당 요인들의 변화에 따라 연간 미역 생산 또한 변동하게 된다. 따라서 미역의 생장에 영향을 미치는 생물학적 요인을 고려하여 단수 함수를 구축하여 수급전망모형을 견고히 할 필요가 있다.

기존의 수산부문 전망모형 관련 연구에서는 단수함수 추정시 생물학적 요인을 설명변수로 고려하지 않거나, 수온과 같은 일부 요인을 단순 선형 방정식 형태로 적용하여 추정해왔다. 이러한 방식은 해당 요인이 한 방향으로만 영향을 미치게 되어 현실과는 맞지 않다고 할 수 있다. 따라서 미역의 생물학적 요인을 고려하여 미역 단수를 예측하되, 해당 요인별 특성에 따라 비선형 관계를 고려하여 모형을 구축해야 한다.

2차 함수 형태의 비선형 단수 모형은 <그림 2-21>과 같다. 비선형 단수 모형은 생물학적 요인(C)의 2차항을 설명변수에 추가하는 방식으로 단수

(YD)의 최적점(Optimal Point, C^*)를 확인할 수 있는데, 해당 최적점을 기준으로 최적점 이전까지는 단수가 증가하다가, 최적점 이후에는 단수가 감소하는 형태로 방정식을 구축하게 된다.(한석호 외, 2011) 수온을 예로 들어 설명하면, 최적 수온까지는 미역 단수가 증가할 수 있으나, 이상 수온이 발생할 경우 단수가 감소할 수 있다는 것을 반영한 것이다.

〈그림 2-21〉 비선형 단수모형 형태



자료: 한석호 외(2011), p.9.

비선형 단수 모형을 구축하기 위해서는 먼저 수온, 영양염류, 조도 등 생물학적 요인과 단수 간에 비선형 관계가 존재하는지 검증할 필요가 있다. 검증 결과 생물학적 요인들과 단수 간에 비선형 관계가 존재할 경우 해당 요인은 2차항 형태로, 비선형 관계가 존재하지 않을 경우에는 1차항 형태로 투입하여 단수를 추정해야 한다.

3. 축차형 방식의 균형가격 도출

수급전망 모형에서 균형가격을 도출하는 방식은 크게 축차(Recursive) 방식과 수급 동시균형(Simultaneous) 방식으로 구분할 수 있으며, 모형

구축 대상의 수급 특징 및 시장 내 가격 형성 구조에 따라 균형가격 도출 방식을 선택할 수 있다. 먼저 수급 동시균형 방식은 총수요와 총공급이 동시에 영향을 미치면서 시장 균형가격이 도출되는 것으로, 수요량이 공급량을 초과할 때에는 가격을 하향 조정하고, 반대로 수요량이 공급량에 미치지 못할 때에는 가격을 상향 조정하는 조정계수(equilibrator)를 이용하여 균형가격을 도출한다. 이는 경제학적인 측면에서 균형가격이 형성되는 과정과 부합한다는 장점이 있다(이헌동 외, 2019).

다음으로 축차형 방식은 총공급량이 결정되면 총수요와의 항등식 관계를 통해 소비량이 도출되고 이를 이용한 역수요함수(가격신축성함수)를 통해 균형가격이 도출되는 방식이다. 해당 방식은 공급 주도 하에 균형가격이 형성되는 것으로, 비탄력적인 공급 특성을 가지거나 공급 조절이 어려운 경우 적합한 방법일 수 있다.

만일 해당 품목의 총수요량과 총공급량이 동시에 영향을 미치면서 시장 균형가격이 도출될 경우에는 수급 동시균형 모형을 선택하는 것이 이상적이며, 경제 이론에도 부합할 것이다. 그러나 미역과 같은 수산물은 비탄력적인 공급 특성으로 인해 공급 주도 하에 시장균형가격이 결정되는 구조이므로 본 연구에서도 축차형 모형을 우선적으로 선택하는 것이 보다 적합할 것으로 판단된다.

4. 엑셀 스프레드시트 기반의 모형 운용 및 관리

미역 중장기 수급전망모형의 개별방정식 추정을 위해 EVIEWS 통계패키지를 이용하였으며, 이를 통해 추정된 개별방정식을 구조방정식 형태로 운용하기 위해 엑셀 스프레드시트를 기반으로 재구축하는 작업을 거쳤다. 이러한 작업 없이 통계패키지를 이용하여 모형을 운용할 수도 있으나, 엑셀

스프레드시트 기반으로 모형을 운용할 경우 개별방정식 추정값에 대한 오류를 확인하기 쉽고, 정책 시뮬레이션을 수행하는 것이 용이하다는 장점이 있다. 이와 함께 통계패키지 이용이 어려운 사용자 또한 비교적 쉽게 모형을 운용할 수 있어 모형 운용의 편의성을 향상시킬 수 있다.

참고로 기존에 구축된 김, 어류, 굴 중장기 수급전망모형 또한 엑셀 스프레드시트 기반으로 모형이 구축되었으며, KMI 수산업관측센터의 단기에측모형, 「KMI-FOSiM」 또한 엑셀을 기반으로 구축, 운용 중에 있다.

03

미역 중장기 수급전망모형 구축 및 추정 결과

제1절 모형 구조 설정

1. 기초통계DB 구축

미역 중장기 수급전망모형은 생산 어기를 기반으로 한 연산별 전망모형 이므로, 연산 기준 시설량, 단수, 생산량 등의 통계자료가 구축되어있는 KMI 수산업관측센터의 자료를 기본적으로 수집하였다. 이와 함께 모형 구축시 이용 가능한 통계자료를 다양하게 구축하고자 하였다. 기초통계DB는 DB 성격에 따라 거시경제 및 생산비, 생산, 수출입, 가격으로 구분할 수 있다.

1) 거시경제 및 생산비 부문 DB

미역 중장기 수급전망모형 구축을 위해 이용된 거시경제 관련 통계자료에는 GDP 디플레이터, 국민처분가능소득, 소비자물가지수, 생산자물가지수, 인구, 대미환율, 대일환율 등이 있다. GDP 디플레이터와 국민처분가능소득은 한국은행의 국민계정 자료를 이용하였으며, 소비자물가지수는 통계청의 소비자물가조사, 생산자물가지수는 한국은행의 생산자물가조사 자료

를 이용하였다. 인구는 통계청의 장래인구추계 자료를 수집하였으며, 환율의 경우 한국은행의 대미환율 및 대일환율을 수집하였다.

〈표 3-1〉 거시경제 관련 DB 현황

통계(변수)명	단위	자료출처	DB 수집 기간
GDP 디플레이터	2015년 기준	한국은행, 국민계정	2009~2022
국민처분가능소득			2009~2021
소비자물가지수	2020=100	통계청, 소비자물가조사	2009~2022
생산자물가지수	2015=100	한국은행, 생산자물가조사	
인구	명	통계청, 장래인구추계	
대미환율	원/달러	한국은행, 환율	
대일환율	원/100엔		

자료: 저자 작성

미역 양식어업 생산비의 경우 수산업협동조합중앙회의 어업경영자금소요액 조사 자료를 이용하였다. 어업경영자금소요액은 종묘대, 시설유지비, 보조선비, 인건비, 운영관리비, 기타 등으로 구성되어 있는데, 전체 생산비 뿐만 아니라 세부 항목별 비용 또한 별도로 DB를 구축하였다.

〈표 3-2〉 미역 양식어업 생산비 관련 DB 현황

통계(변수)명	단위	자료출처	DB 수집 기간
미역 양식어업 경영자금소요액	천 원	수협중앙회, 어업경영자금소요액 조사	2009~2022
미역 양식어업-종묘대			
미역 양식어업-시설유지비			
미역 양식어업-보조선비			
미역 양식어업-인건비			
미역 양식어업-운영관리비			
미역 양식어업-기타			

자료: 저자 작성

2022년 기준 전체 미역 양식 생산비 중 가장 큰 비중을 차지하는 항목은 인건비로, 전체 생산비의 39.8%를 차지하였다. 다음으로 시설유지비가 25.4%, 보조선비 14.5%, 종묘대 12.0% 등의 순이었다.

2) 생산 부문 DB

미역 생산량 추정을 위해 시설량 및 단수, 생산량 자료를 수집하였다. 모든 자료는 KMI 수산업관측센터의 자료를 우선 수집하였으며, 연산 기준으로 구축되었다. 용도에 따라 식용과 비식용을 구분하여 구축하였으며, 지역별로 자료를 구분하여 수집하였다. 한편, 생산량은 가공용과 나물용까지 구분하여 별도 구축하였다.

전복먹이용 생산량 추정에 영향을 미치는 전복 수급 관련 자료도 수집하였는데, KMI 수산업관측센터의 전복 산지가격과 양성물량 자료를 수집하여 설명변수로 이용하고자 하였다.

〈표 3-3〉 미역 생산 관련 DB 현황

통계(변수)명			단위	자료출처	DB 수집 기간
시설량	식용	식용미역 시설량	줄	KMI 수산업관측센터	2008~2022
		지역별 식용 시설량			
	비식용	전복먹이용 시설량			
		지역별 비식용 시설량			
단수	식용	식용미역 단수	kg/줄	KMI 수산업관측센터	2008~2022
		지역별 식용 단수			
	비식용	전복먹이용 단수			
생산량	식용	식용미역 생산량	톤	KMI 수산업관측센터	2008~2022
		나물용 미역 생산량			
		가공용 미역 생산량			
		지역별 미역 생산량			

통계(변수)명			단위	자료출처	DB 수집 기간
생산량	비식용	전복먹이용 생산량	톤	KMI 수산업관측센터	2008~2022
		지역별 비식용 생산량			
전복 산지가격(10미)			원/kg	KMI 수산업관측센터	2008~2022
전복 양성물량			만 마리		2011~2022

자료: 저자 작성

다음으로 미역 생장에 영향을 미치는 주요 생물학적 요인인 수온, 영양염류, 조도에 대한 자료를 수집하였다. 먼저 수온은 국립수산과학원의 어장환경 통합모니터링⁷⁾ 자료를 우선적으로 확인하였으며, 주요 미역 양식지역인 완도, 고흥, 부산, 울산, 서산의 월별 평균 표층 수온 자료를 수집하였다. 이와 함께 국립해양조사원의 월별 완도, 고흥, 부산, 울산, 태안 최대·평균·최소 수온 자료 또한 광범위하게 수집하였다.

영양염류의 경우 국립수산과학원의 어장환경 통합모니터링 자료를 통해 확인할 수 있었는데, 수온과 마찬가지로 주요 미역 양식지역의 월별 용존 무기질소(DIN) 및 용존무기인(DIP) 자료를 수집하였다. 이 외에도 어장환경 통합모니터링에서 확인할 수 있는 용존산소(DO), 화학적산소요구량(COD), 총질소(TN), 총인(TP), 클로로필-a 등 수질 관련 요인 자료 또한 함께 구축하였다.

마지막으로 조도의 경우 관련 연구가 최근에 시작되어 모형에 이용할 만큼 충분한 시계열 자료를 확보할 수 없었다. 이러한 문제를 해결하기 위해 기상청의 지역별 월별 일조시간 자료를 대리변수로 활용하였으며, 일조시간이 길어지면 미역이 태양광에 노출되는 시간 또한 길어지는 것으로 판단하였다.

7) 국립수산과학원의 「어장환경 통합모니터링」은 전국 연안 및 양식어장 주변 해역을 정기적으로 조사하여 어장환경 현황을 파악하고, 양식어장의 지속적 생산을 위한 체계적인 환경관리 정책의 기초자료로 활용하기 위해 도입되었다. 전국 269개의 정점에서 연 6회(2, 4, 6, 8, 10, 12월) 조사가 이루어지고 있으며, 모니터링 항목에는 수온, 염분, 용존산소, 용존무기영양염류, 화학적산소요구량, 총질소, 총인, 클로로필-a 등이 있다.

〈표 3-4〉 미역 생장 관련 DB 현황

통계(변수)명		단위	자료출처	DB 수집 기간
수온	지역별 월별 (완도, 고흥, 부산, 울산, 태안) 최대, 평균, 최소 수온	℃	국립해양조사원	2007~2022 (태안: 2016~2022)
	지역별 월별(짝수월) (완도, 고흥, 부산(기장), 울산, 서산) 평균 수온	℃	국립수산과학원	2009~2022
영양염류	" 용존무기질소(DIN)	mg/ℓ	국립수산과학원	2009~2022
	" 용존무기인(DIP)	mg/ℓ	국립수산과학원	2009~2022
수질 관련 요인	용존산소(DO), 화학적산소요구량 (COD), 총질소(TN), 총인(TP), 클로로필-a*	mg/ℓ (μg/ℓ)*	국립수산과학원	2009~2022
일조시간	지역별 월별 (완도, 고흥, 장흥, 부산, 울산, 서산) 평균 일조시간	hr	기상청	2009~2022

자료: 저자 작성

3) 가격 부문 DB

미역 산지가격은 KMI 수산업관측센터의 지역별(고흥, 완도, 부산) 연산 기준 산지가격을 수집하였으며, 가공용과 나물용 산지가격 또한 별도로 수집하였다. 이 때 가공용 산지가격은 고흥, 완도지역의 2~4월 평균 가격, 나물용 산지가격은 부산지역의 11~1월 평균 가격으로 도출할 수 있다.

도매가격의 경우 KMI 수산업관측센터의 전국 및 서울 가격을 이용하였으며, 추가적으로 한국농수산식품유통공사(aT)의 농산물유통정보(KAMIS)에서 지역별 마른실미역 도·소매가격을 별도 수집하였다. 해당 자료는 생산 이후 소비 기간을 고려하여 모두 연도별 자료로 수집·이용하였다.

〈표 3-5〉 미역 가격 관련 DB 현황

통계(변수)명		단위	자료출처	DB 수집 기간
산지가격	지역별(고흥, 완도, 부산) 산지가격	원/kg	KMI 수산업관측센터	2008~2022
	가공용(고흥) 산지가격(2~4월 평균)			
	가공용(완도) 산지가격(2~4월 평균)			
	나물용(부산) 산지가격(11~1월 평균)			
도매가격	마른실미역 도매가격-전국, 서울	원/kg	aT KAMIS	2007~2022
	마른실미역 도매가격-전국, 서울, 부산, 대구, 광주, 대전			
소비자가격	마른실미역 소매가격-전국, 서울, 부산, 대구, 광주, 대전			

자료: 저자 작성

4) 수출입 부문 DB

미역은 주로 일본, 중국 등의 국가에 수출되고 있으며, 이들 국가별 수출량 추이는 서로 다른 모습을 보이고 있으므로 국가별 수출량 함수를 추정할 필요가 있다. 그러나 중국으로의 수출량은 대부분 임가공용 물량이므로 중국은 별도 국가 모형으로 구축하지 않고 기타 수출국에 포함시켰다. 수입의 경우 중국 수입량이 89%로 나타나 대부분의 물량이 중국에서 수입되고 있으므로 국가 구분 없이 전체 수입량을 추정해도 무방할 것으로 판단된다.

미역 수출입 관련 자료는 KMI 수산업관측센터의 공표자료를 수집하였으며, 국가별·HS코드별 자료는 한국농수산물유통공사(aT)의 농식품수출정보(KATI)에서 수집하였다. 다음으로 일본의 수출 관세율은 관세청의 국가별 관세율표를 통해 수집하였다.

미역의 경우 한·중·일 3개국에서 주로 생산되어 상호 경쟁관계를 보이고 있다. 이러한 상황을 반영하기 위해 수출대상국가의 생산량, 생산단가를 수

집하여 모형의 설명변수로 이용하고자 하였다. 일본의 미역 생산량 및 생산단가는 일본 농림수산성의 해면어업생산통계조사 자료를 수집하였으며, 중국의 경우 통계자료가 존재하지 않아 수집이 불가능하였다.

〈표 3-6〉 미역 수출입 관련 DB 현황

통계(변수)명	단위	자료출처	DB 수집 기간
미역 수출입량	톤	KMI 수산업관측센터	2006~2022
미역 수출입금액	만 달러		
미역 수출입단가	달러/kg		
국가별 HS코드별 수출입량	kg	aT KATI	2006~2022
국가별 HS코드별 수출입금액	천 달러		
국가별 HS코드별 수출입단가	달러/kg		
국가별(일본) 수출 관세율	%	관세청	2016~2022
일본의 미역 생산량	톤	일본 농림수산성, 해면어업생산통계조사	2009~2022
일본의 미역 생산금액	백만 엔		
일본의 미역 생산단가	엔/kg		

자료: 저자 작성

한편, 2022년 기준 미역 관련 HS코드는 총 12개로, 폐기된 코드를 포함하여 연도별 시계열 자료를 구축하였다. 해당 자료는 수급 항등관계에 따라 별도 수율을 적용하여 원초 기준으로 환산하는 작업을 거쳤으며, 이 때 건조제품은 25배, 염장 및 냉장 등의 제품은 5배의 수율⁸⁾을 적용하였다.

8) 원초 기준으로 환산시 KMI 수산업관측센터의 수율 기준을 적용하여 계산하였다.

〈표 3-7〉 미역 수출입 HSCODE별 세부 내역

품목	HSCODE	코드명	종료일	수출(배)
미역	1212202010	미역(건조)	2011-12	25
	1212202020	미역(염장)	2011-12	5
	1212202090	미역(건조, 염장한 것 이외 기타)	2011-12	5
	1212202030	미역(냉장)	2011-12	5
	1212202040	미역(냉동)	2011-12	5
	1212212030	미역(냉장한 것)(식용의 것)	9999-12	5
	1212292010	미역(냉동한 것)	9999-12	5
	1212212040	미역(냉동한 것)(식용의 것)	9999-12	5
	1212212010	미역(건조한 것)(식용의 것)	9999-12	25
	1212212020	미역(염장한 것)(식용의 것)	9999-12	5
	1212292090	미역(기타)	9999-12	5
	1212212090	미역(기타)(식용의 것)	9999-12	5

주 : 수출은 KMI 수산업관측센터 기준을 적용하였음

자료: 해양수산부, 「2021 수산물 관세·통계통합품목분류표(HSK)」를 참고하여 저자 작성

2. 개별방정식 설정

미역 중장기 수급전망모형은 생물학적 특성 및 수급 특성을 고려하여 식용 미역 모형과 비식용(전복먹이용) 미역 모형으로 구분할 수 있다. 식용 미역 모형은 시설량 반응함수, 단수함수, 수출수요함수, 수입수요함수, 가격신축성함수로 구분되며, 비식용 미역 모형은 시설량 반응함수와 단수함수로 구분된다. 이 때 식용 및 비식용 미역 생산량은 각각의 시설량과 단수를 곱하여 도출될 수 있다. 각 개별 방정식의 세부 구조를 살펴보면 다음과 같다.

1) 시설량 반응함수

(1) 식용미역 시설량 반응함수

미역 시설량 반응함수는 미역 생산 단계의 시작이 되는 주요 변수로, 시설량 변동에 따라 향후 생산량 및 가격에 영향을 미치기 때문에 정책적으로도 중요한 변수라 할 수 있다. 미역 시설량 반응함수는 용도에 따라 식용-비식용으로 구분하여 구축하였는데, 먼저 식용미역 시설량은 지역별 패널 분석을 통해 지역별 시설량이 도출되는 형태로 구축하였다. 지역은 생산 비중에 따라 고흥, 완도, 전남기타, 부산, 울산, 기타 등 총 6개 지역으로 분리하여 분석하였다.

식용미역 시설량 반응함수 추정에는 전년산 시설량과 미역 양식어가의 기대수익률을 기본 설명변수로 도입하였다. 이 때 기대수익률은 전년산 산지가격을 경영비로 나누어 도출하였다.

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

주 : $ACR_{t,r}$ 은 r 지역 식용미역 시설량, $FP_{t-1,r}$ 는 전년산 r 지역 산지가격, $COST_{t-1}$ 는 전년도 생산비

(2) 비식용미역 시설량 반응함수

비식용인 전복먹이용 미역은 대부분 완도 지역에서 양식이 이루어지므로 별도 지역 구분 없이 전체 비식용 시설량을 추정하였다. 모형 추정에는 전년산 시설량과 전년 전복 산지가격이 설명변수로 고려하였다. 이 때 전복 산지가격은 전년 전복(해상가두리) 생산비로 나누어 전복 양식어가의 기대수익률 개념으로 적용하였다.

전복먹이용 미역은 전복 양식어가에서 전복먹이용으로 이용하기 위해 자체적으로 양식을 하므로 별도 가격이 형성되지 않는다. 따라서 전복먹이용

미역 가격이 존재하지 않으므로 해당 변수는 고려하지 않았다.

$$ACR_FEED_t = f(ACR_FEED_{t-1}, FP_AB_{t-1}/COST_AB_{t-1}) \quad [\text{식 3-2}]$$

주 : ACR_FEED_t 는 전복먹이용 미역 시설량, FP_AB_{t-1} 는 전년 전복 산지가격(10미), $COST_AB_{t-1}$ 은 전년 전복(해상가두리) 생산비

2) 단수함수

(1) 식용미역 단수함수

미역 단수함수 또한 시설량과 마찬가지로 식용과 비식용을 구분하여 구축하였으며, 식용미역 단수는 지역별 패널데이터를 활용하여 패널분석을 실시하였다. 지역은 시설량과 동일하게 고흥, 완도, 전남기타, 부산, 울산, 기타 등 총 6개 지역으로 세분화하였다.

식용미역 단수함수 추정에는 여기초 수온의 영향을 많이 받는 것으로 판단하여 지역별 12월 평균 수온 자료를 설명변수로 도입하였으며, 2차항을 추가하여 평균 수온과 미역 단수간의 비선형관계를 고려하였다. 이와 함께 영양염류를 나타내는 용존무기질소, 조도의 대리변수인 일조시간을 설명변수로 추가하였다.⁹⁾

$$YD_{t,r} = f(TEMP12_{t,r}, TEMP12_{t,r}^2, DIN_{t,r}, SUN_{t,r}) \quad [\text{식 3-3}]$$

(r = 지역)

주 : $YD_{t,r}$ 은 r 지역 식용미역 단수, $TEMP12_{t,r}$ 은 12월 평균수온, $DIN_{t,r}$ 은 용존무기질소, $SUN_{t,r}$ 은 일조시간

9) Ramsey RESET test(Ramsey Regression Equation Specification Error Test)를 통해 생물학적 요인과 미역 단수 간에 비선형 관계가 있는지 검증하였다. 검증 결과 수온은 단수와 2차 함수 형태의 비선형 관계가 있는 것으로 나타났으며, 용존무기질소 및 일조시간은 비선형 관계가 존재하지 않았다. 따라서 단수 함수 추정시 수온은 2차항 형태로, 용존무기질소와 일조시간은 1차항 형태로 투입하였다.

(2) 비식용미역 단수함수

비식용미역 단수는 시설량과 마찬가지로 지역 구분 없이 전체 단수를 추정하였으며, 설명변수로는 양식 전복 주산지인 완도의 12월 최고 수온 자료를 도입하였다. 식용미역 단수 추정과 마찬가지로 수온 변수의 2차항을 추가하여 최고 수온과 단수간의 비선형관계를 고려하였다. 마지막으로 기술 진보를 나타내는 추세(TREND) 변수를 추가적으로 도입하였다.

$$YD_FEED_t = f(TEMPH_12_{t,wd}, TEMPH_12_{t,wd}^2, TREND) \quad [\text{식 3-4}]$$

주 : YD_FEED_t 는 전복먹이용 미역 단수, $TEMPH_12_{t,wd}$ 은 완도지역 12월 최고수온, $TREND$ 는 추세

3) 수출수요함수

미역 수출량의 경우 국가별 수출 실적에 따라 주요 수출대상국별로 구분하여 모형을 도출하였다. 미역의 경우 주로 일본과 중국으로 수출되고 있으므로 일본의 수출수요함수를 추정하였으며, 중국은 임가공 목적의 수출 물량이 대부분이므로 기타 국가로 묶어 별도로 추정하였다.

일본으로의 수출수요함수는 관세율이 포함된 수출단가와 대일환율을 설명변수로 도입하였으며, 수출단가는 수출금액을 수출량으로 나누어 도출하였다. 이와 함께 수출경쟁국 관계를 고려하기 위해 일본의 미역 생산단가를 추가적으로 고려하였다. 이 때 수출단가 및 일본의 미역 생산단가는 생산자물가지수(PPI)를 적용하여 실질화하였으며, 편의상 수식에는 표기를 생략하였다.

$$X_{t,jp} = f(EP_{t,jp} * (1 + TEX_{t,jp}/100), EXCH_{t,jp}, FP_{t,jp}) \quad [\text{식 3-5}]$$

주 : $X_{t,jp}$ 는 對일본 수출량, $EP_{t,jp}$ 는 對일본 수출단가, $TEX_{t,jp}$ 는 일본 관세율, $EXCH_{t,jp}$ 는 대일환율, $FP_{t,jp}$ 는 일본 생산단가

기타 국가로의 수출수요함수는 수출단가와 대미환율을 설명변수로 고려하였다. 이 때 수출단가는 생산자물가지수(PPI)를 적용하여 실질화하였으나, 수식 상에는 표기를 생략하였다.

$$X_{t,etc} = f(EP_{t,etc}, EXCH_t) \quad [\text{식 3-6}]$$

주 : $X_{t,etc}$ 는 對기타국가 수출량, $EP_{t,etc}$ 는 對기타국가 수출단가, $EXCH_{t,jp}$ 는 대미환율

4) 수입수요함수

미역 수입량은 대부분 물량이 중국에서 수입되고 있으므로 별도 국가 구분 없이 전체 수입량을 추정하였다. 미역 수입수요함수 추정에는 환율을 고려한 수입단가와 국내 미역 도매가격, 1인당 처분가득소득을 설명변수로 도입하였다. 이 때 수입단가, 도매가격, 소득 변수는 소비자물가지수(CPI)를 적용하여 실질화하였으며, 편의상 수식에는 표기를 생략하였다.

$$M_t = f(MP_t * EXCH), WP_t, DINC_t) \quad [\text{식 3-7}]$$

주 : M_t 는 수입량, MP_t 는 수입단가, WP_t 는 도매가격, $DINC_t$ 는 소득

5) 가격신축성함수

미역 가격함수는 역수요함수(가격신축성함수)에 의해 시장균형가격이 도출되는 형태로 설정하였는데, 급격한 수급 변동에도 불구하고 미역 도매가격은 거의 변하지 않는 경향을 보임에 따라 산지가격을 종속변수로 이용하였다.

미역 산지가격은 고흥, 완도 및 부산지역의 가격을 추정하였으며, 설명 변수로는 1인당 미역 소비량과 소득을 도입하였다. 1인당 미역 소비량은 생산량과 수입량을 더한 공급량에서 수출량을 제외하여 소비량을 계산한

후 인수로 나누어 도출하였다. 한편, 소득 변수는 GDP 디플레이터를 적용하여 실질화하였으며, 편의상 수식에서는 표기를 생략하였다.

$$FP_{t,r} = f(PERD_t, DINC_t) \quad (r = \text{지역}) \quad [\text{식 3-8}]$$

주 : $FP_{t,r}$ 는 r 지역 산지가격, $PERD_t$ 는 1인당 미역 소비량, $DINC_t$ 는 소득

마지막으로 도매가격은 생산비중이 가장 많은 가공용 미역 산지가격을 이용하여 연계함수형태로 도출하고자 하였는데, 이 때 가공용 미역은 주로 전남지역에서 생산되므로 고흥지역의 산지가격을 변수로 이용하였다.

$$WP_t = f(FP_{t,gh}) \quad [\text{식 3-9}]$$

주 : WP_t 는 도매가격, $FP_{t,gh}$ 는 고흥지역 산지가격

3. 미역 중장기 수급전망모형 구조

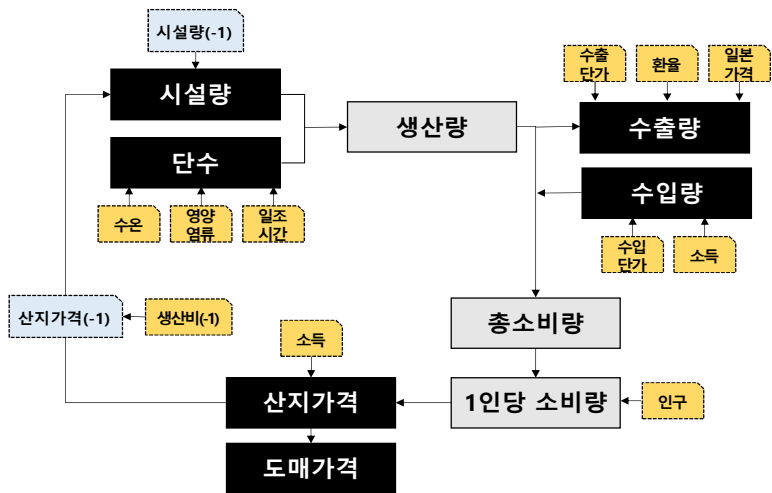
미역 중장기 수급전망모형 연산별, 연도별 전망이 가능하도록 구축되었으며, 축차 방식을 이용하여 균형가격이 도출되는 구조로 이루어졌다. 앞서 설명한 바와 같이 미역 용도에 따라 식용 미역 모형과 비식용 미역 모형으로 구분된다. 식용 미역 모형의 개별방정식은 시설량 및 단수, 국가별 수출량, 수입량, 지역별 산지가격, 도매가격 결정모형 등 총 11개 방정식으로 구성되어있으며, 해당 방정식이 축차적으로 영향을 미치는 구조로 구축되었다. 비식용 미역 모형은 시설량 및 단수 결정모형으로 구성되어 있으며, 시설량에 단수를 곱하여 생산량을 도출하는 형태이다.

세부 구조를 살펴보면, 식용미역 생산량은 지역별 식용미역 시설량 및 단수함수를 통해 도출된다. 식용미역 총공급량은 6개 지역의 생산량을 더한 값에 수입량을 합하여 산출되며, 총공급량에 국가별 수출량을 제외하여 소비량을 도출할 수 있다. 이렇게 도출된 소비량은 역수요함수의 변수로

투입되어 시장균형가격인 지역별 산지가격이 도출되며, 해당 산지가격은 경영비와 함께 기대수익률 개념으로 시설량 반응함수에 다시 투입되면서 다음해 시설량이 결정되는 구조를 가진다. 이 때 도매가격은 산지가격과의 연계함수형태로 별도 도출되며, 비식용 전망모형 또한 별도의 모듈로 도출 되도록 구축하였다.

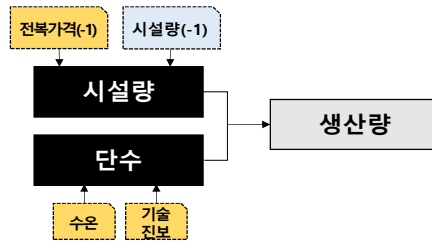
미역 중장기 수급전망모형의 구조도는 각각 <그림 3-1>, <그림 3-2>와 같으며, <그림 3-1>은 식용미역 모형, <그림 3-2>는 비식용미역 모형의 구조도이다.

<그림 3-1> 식용미역 중장기 수급전망모형 전체 구조도



자료: 저자 작성

〈그림 3-2〉 비식용미역 증장기 수급전망모형 전체 구조도



자료: 저자 작성

제2절 모형 추정 결과

본 절에서는 앞서 설정한 미역 증장기 수급전망모형의 개별방정식 추정 결과를 제시하고자 한다. 미역 증장기 수급전망모형은 시설량함수, 단수함수, 수출수요함수, 수입수요함수, 역수요함수로 구성되어 있는데, 시설량과 단수는 식용과 먹이용으로 구분하여 추정하였다.

추정방법은 지역별 자료를 활용한 식용 시설량 및 단수함수의 경우 고정 효과모형(Fixed Effect Model)을 이용하였다. 그 외 다른 개별방정식 추정에는 통상최소자승법(OLS; Ordinary Least Squares)을 활용하였으며, 시설량 및 단수는 level-level 함수 형태로, 그 외 방정식은 log-log 함수 형태로 추정하였다. 추정에 있어서는 EVIEWS12 프로그램을 활용하였다.

개별방정식 통계적 유의성을 포함하여, 경제학적으로 부합하는지 여부를 확인하면서 다수 추정하였는데, 최종적으로는 다음의 기준에 부합하는 개

별방정식을 선정하였다. 첫째, 추정결과는 경제적으로 합리적인 결과여야 한다. 통계적으로 유의하다 하더라도 경제 이론에 부합하지 않을 경우 선정하지 않았다. 둘째, 개별 변수의 추정계수는 통계적 유의수준이 10% 이내여야 한다. 셋째, 활용할 수 있는 많은 수의 변수를 최대한 이용하여 모형의 설명력이 가장 높은 방정식을 채택하였다. 넷째, 추정결과에서 자기상관(Autocorrelation) 문제가 존재할 경우 모형을 채택하지 않았는데, 자기상관은 더빈-왓슨 통계량(Durbin-Watson Statistics)을 통해 확인하였다. 만약 투입변수에서 종속변수의 전기 자료를 활용하거나, 더빈-왓슨 통계량을 통해 자기상관 유무를 확인하기 어려울 경우, 추가적인 검정(Breusch-Godfrey LM Test)을 통해 자기상관 유무를 확인하였다. 마지막으로, 구조방정식의 예측력을 확인하기 위해 역사적 시뮬레이션(historical simulation) 방법을 이용하였는데, 이에 따라 RMASPE(Root Mean Squared Percent Error), MAPE(Mean Absolute Percent Error)가 10% 이하인 개별방정식, Theil의 불균등계수(Theil's inequality coefficient; Theil's U1)가 0.1 이하인 개별방정식을 채택하고자 하였다.

1. 시설량 반응함수

1) 식용미역 시설량

식용미역 시설량 함수는 미역의 지역별 생산량 자료를 이용하여 패널분석하였다. 지역은 고흥, 완도, 전남기타, 부산, 울산, 기타 등 6개 지역으로 구분하였다.

식용미역 시설량 추정을 위해 전년도 식용 미역 시설량($ACR(-1)$)과 전년도 경영비 및 산지가격을 이용하여 기대가격($FP(-1)/COST(-1)$)을 투입변수

로 이용하였다. 또한 지역별 변동이 컸던 시기에 더미변수를 추가하여 추정하였다. 우선적으로 패널분석을 통해 고정효과모형의 고정효과 검정통계량을 확인하였는데, F검정 결과 및 Chi-square 검정결과 모두 고정효과가 없다는 귀무가설을 기각하였다.

〈표 3-8〉 식용미역 시설량 고정효과 검정통계

Redundant Fixed Effects Tests			
Equation: Z_ACR			
Test cross-section fixed effects			
Effects Test	Statistic	d.f.	Prob.
Cross-section F	4.7825	(5,74)	0.0008
Cross-section Chi-square	23.5210	5	0.0003
고정효과(Fixed effect)			
구분	CROSSID	Effect	
1	고흥	14232.09	
2	완도	10216.95	
3	전남기타	3353.408	
4	부산	-6676.78	
5	울산	-11822.3	
6	기타	-9303.36	

자료 : 저자 작성

고정효과모형을 이용하여 식용미역 시설량을 추정한 결과, 전기 시설량 및 기대가격 모두 양(+)의 상관관계를 나타내어 경제 논리에 부합하는 것으로 나타났으며, 모형의 결정계수 또한 0.985로 매우 높게 나타났다. 한편, 전년도 시설량의 계수값은 0.77로 추정되었다. 이를 Nerlove의 부분 조정모형으로 해석하면 조정계수가 0.23으로 추정되어 조정속도가 매우 늦는 것으로 나타났는데, 이는 당해 시설량과 전년도 시설량의 차이가 크지 않다는 것을 의미한다.

〈표 3-9〉 식용미역 시설량 추정 결과

Dependent Variable: ACR				
Method: Panel Least Squares				
Sample (adjusted): 2010 2023				
Periods included: 14				
Cross-sections included: 6				
Total panel (balanced) observations: 84				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	6595.23	2814.15	2.3436	0.0218
ACR(-1)	0.7746	0.0508	15.2346	0.0000
FP(-1)/COST(-1)	35316.77	15621.72	2.2607	0.0267
DUM1	29399.34	3710.51	7.9233	0.0000
DUM2	-18529.80	2884.48	-6.4240	0.0000
R-squared	0.985			

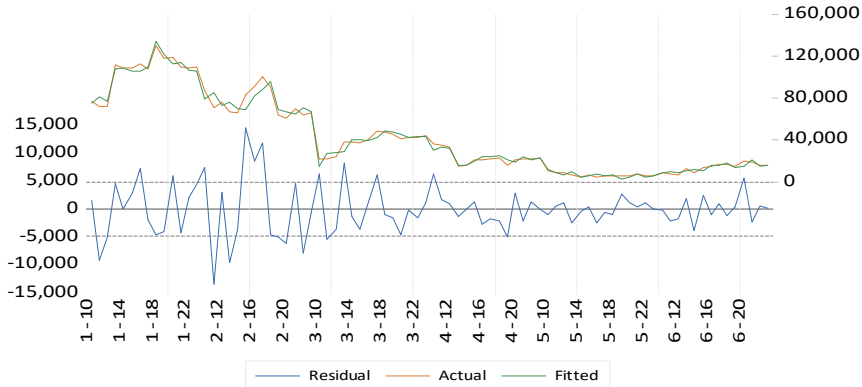
주 1) DUM1은 고흥지역 2013년, 2018년=1, 그 외 0을 의미함

2) DUM2는 완도지역 2019년, 전남기타지역 2010년, 부산지역 2013년=1, 그 외 0을 의미함

자료 : 저자 작성

다음으로 전년도 기대가격의 계수값은 35,316.8로 추정되었는데, 이를 탄력성 개념으로 환산한 결과, 지역별로 차이를 보였다. 지역별 탄력성을 살펴보면, 고흥과 완도는 0.01, 전남기타는 0.02, 부산은 0.28, 울산은 0.98, 기타는 0.47로 추정되어, 생산량이 많은 주산지일수록 비탄력적으로 나타났다. 이는 주산지의 경우 기대가격 변동에 민감하게 반응하지 않고, 전년도 가격 변동에도 당해 시설량에는 큰 변화가 없다는 것으로 해석할 수 있다.

〈그림 3-3〉 식용미역 시설량 실제치 및 추정치



자료 : 저자 작성

2) 비식용미역 시설량

전복 먹이용 시설량 함수는 대부분 전남 완도에서 생산되고 있어 별도의 지역별 구분 없이 하나의 시설량 함수로 추정하였다. 전복 먹이용 시설량 추정을 위해 전년도 시설량 변수($ACR_FEED(-1)$)와 전복 산지가격(FP_AB)을 이용하였으며, 기존 추세와 달리 변동인 컷던 특정 연도에 더미 변수를 추가하였다.

추정 결과, 전기 시설량 및 전복 산지가격 변수는 당해 시설량과 양(+)의 관계를 갖는 것으로 나타났으며, 통계적으로도 유의한 것으로 나타났다. 모형의 결정계수는 0.992로 매우 높게 나타났으며, Breusch-Godfrey LM Test 결과에서 자기상관 또한 존재하지 않는 것으로 도출되었다.

전기 시설량 계수값은 0.90으로, Nerlove의 부분조정모형에 따르면 조정계수가 0.10로 조정속도가 매우 느린 것으로 나타났다. 이는 당해 시설량과 전기 시설량 간의 차이가 크지 않다는 것을 의미한다.

전기 전복 산지가격의 계수값은 144,675.5로 추정되었으며, 이를 탄력

성 개념으로 환산하면 전기 전복 산지가격 탄력성은 0.24로 도출되었다. 이는 전기 전복 산지가격이 1% 상승할 경우 당해 전복먹이용 시설량은 0.24% 증가한다는 것을 의미한다.

〈표 3-10〉 비식용미역 시설량 추정 결과

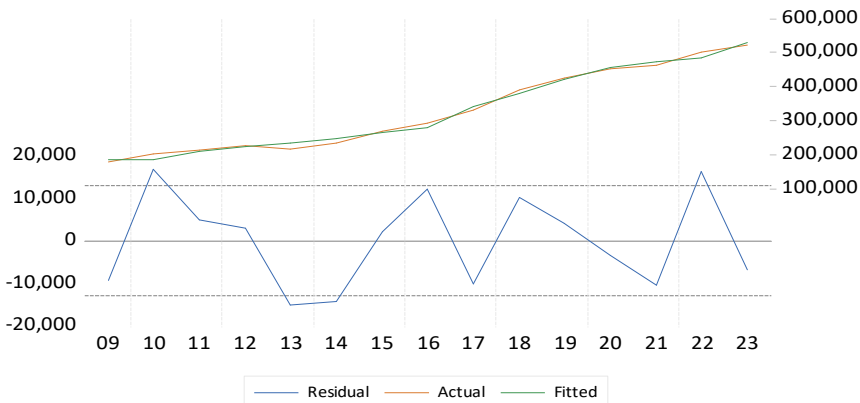
Dependent Variable: ACR_FEED				
Method: Least Squares				
Sample (adjusted): 2009 2023				
Included observations: 15 after adjustments				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	-77374.62	56920.79	-1.3593	0.2039
ACR_FEED(-1)	0.9005	0.0710	12.6861	0.0000
FP_AB(-1)/COST_AB(-1)	144675.50	72016.40	2.0089	0.0723
SD14	39435.33	11663.19	3.3812	0.0070
SD17	49298.26	16624.04	2.9655	0.0142
R-squared	0.992	Durbin-Watson stat		2.326
		Breusch-Godfrey LM Test		0.8243 (p=0.3639)

주 1) SD14는 2014년 이전은 0, 이후는 1을 의미함

2) SD17은 2017년 이전은 0, 이후는 1을 의미함

자료 : 저자 작성

〈그림 3-4〉 비식용미역 시설량 실제치 및 추정치



자료 : 저자 작성

2. 단수함수

1) 식용미역 단수

식용미역 단수는 시설량과 마찬가지로 지역별 자료를 이용하여 6개 지역으로 구분하여 패널분석하였다. 식용미역 단수 추정에는 어기초인 12월 지역별 평균 수온과 해당 변수의 2차항, 10~12월 평균 용존무기질소, 11~12월 평균 일조시간을 설명변수로 투입하였다. 이와 함께 지역별로 단수 변동이 컸던 시기에는 더미변수를 추가하였다.

패널분석을 통해 고정효과 검정통계량을 확인한 결과, F검정 결과 및 Chi-square 검정결과 모두 1% 유의수준에서 고정효과가 없다는 귀무가설을 기각하여 고정효과모형을 이용하여 단수를 추정하였다.

〈표 3-11〉 식용미역 단수 고정효과 검정통계

Redundant Fixed Effects Tests			
Equation: Z_FIXED_EFFECT_TEST_YD			
Test cross-section fixed effects			
Effects Test	Statistic	d.f.	Prob.
Cross-section F	32.4721	(5,61)	0.0000
Cross-section Chi-square	97.3435	5	0.0000
고정효과(Fixed effect)			
구분	CROSSID	Effect	
1	고흥	0.2870	
2	완도	-0.0032	
3	전남기타	0.2392	
4	부산	0.0177	
5	울산	-0.0634	
6	기타	-0.4857	

자료 : 저자 작성

고정효과모형을 이용하여 식용미역 단수를 추정한 결과, 모든 설명변수가 통계적으로 유의하였으며, 추정 계수의 부호조건 또한 적합한 것으로 나타났다.

〈표 3-12〉 식용미역 단수 추정 결과

Dependent Variable: YD				
Method: Panel Least Squares				
Sample (adjusted): 2011 2023				
Periods included: 13				
Cross-sections included: 6				
Total panel (unbalanced) observations: 75				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	0.6167	0.3917	1.5743	0.1206
TEMP12	0.1738	0.0631	2.7558	0.0077
(TEMP12)^2	-0.0087	0.0027	-3.2689	0.0018
(DIN10+DIN12)/2	0.0444	0.0123	3.5983	0.0006
(SUN11+SUN12)/2	-0.0022	0.0008	-2.5641	0.0128
DUM1	0.2492	0.1162	2.1444	0.0360
DUM2	0.5469	0.1575	3.4724	0.0010
DUM3	-0.4004	0.0814	-4.9162	0.0000
DUM4	-0.2243	0.0426	-5.2669	0.0000
R-squared	0.883			

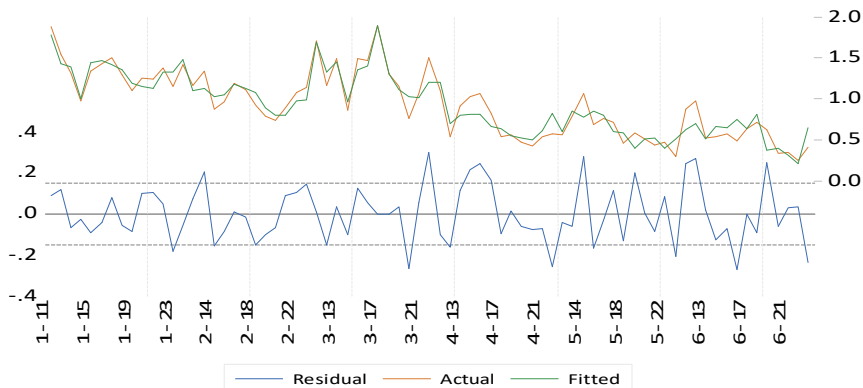
주 1) DUM1은 고흥지역 2011년, 기타지역 2018년=1, 그 외 0을 의미함
 2) DUM2는 전남기타지역 2017년=1, 그 외 0을 의미함
 3) DUM3은 고흥지역 2014년, 전남기타지역 2014년, 울산지역 2022년, 기타지역 2022년=1, 그 외 0을 의미함
 4) DUM4는 2019~2021년=1, 그 외 0을 의미함
 자료 : 저자 작성

먼저 12월 평균 수온은 양(+)의 부호로, 평균 수온의 2차항은 음(-)의 부호로 추정되었으며, 통계적으로도 유의하게 도출되었다. 이는 평균 수온과 단수가 비선형적인 관계에 있는 것으로, 평균 수온이 상승함에 따라 단수는 지속적으로 증가하는 추세를 보이다가, 최적 수온(임계점)을 넘어서게

되면 반대로 단수가 감소하는 경향을 보이는 것을 의미한다.

다음으로 10~12월 용존무기질소는 양(+)의 부호로 추정되어, 영양염류가 풍부할수록 미역 단수가 증가하는 것으로 나타났다. 마지막으로 일조시간은 음(-)의 부호로 추정되었는데, 일조시간이 길어질수록 미역 단수가 감소하는 것으로 나타났다. 이는 어기초 미역이 태양광에 노출되는 시간이 길어지면 썩눅음 등의 질병이 발생하여 미역 생장을 저해할 수 있음을 의미한다.

〈그림 3-5〉 식용미역 단수 실제치 및 추정치



자료 : 저자 작성

2) 비식용미역 단수

전복 먹이용 미역 단수는 대부분 전남지역에 한정되기 때문에 패널분석이 아닌 통상최소자승법(OLS)을 이용하여 추정하였다. 전복 먹이용 미역 단수 추정에는 전복 먹이용 미역 시설이 가장 많은 완도의 어기초(12월) 최고 수온(TEMPH_WD12)을 설명변수로 투입하되, 수온과 단수 간에 비선형관계에 있는 것으로 보고 최고 수온의 2차항을 추가로 고려하였다. 이와 함께 기술변화 더미변수(@TREND)를 투입하였으며 지역별 변동이 컸

던 시기에는 터미변수를 추가하였다.

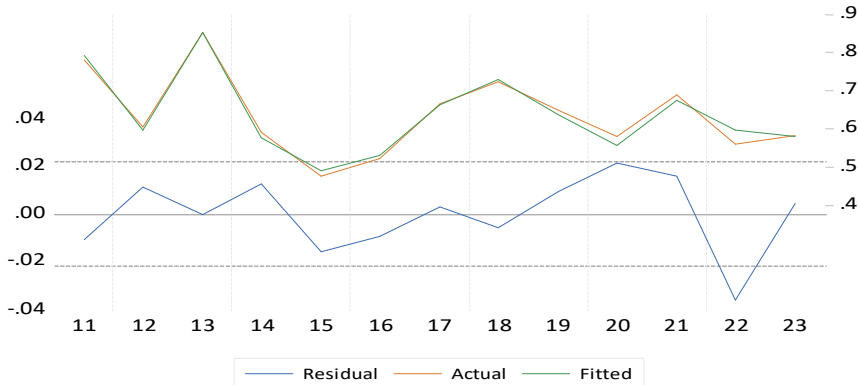
추정 결과, 결정계수가 0.978로 모형 설명력이 매우 높았으며, 모든 설명변수가 통계적으로 유의하게 도출되었다. 완도지역 11월 최고 수온은 양(-)의 부호로, 최고 수온의 2차항은 음(-)의 부호로 추정되었는데, 이는 수온이 최적점까지 상승하는 동안은 단수가 증가하다가 최적점 이후로는 단수가 감소함을 의미한다. 기술변화 터미변수는 양(+)의 부호로 도출되어 기술이 진보함에 따라 단수가 증가하는 것으로 나타났다.

〈표 3-13〉 비식용미역 단수 추정 결과

Dependent Variable: YD_FEED				
Method: Least Squares				
Sample (adjusted): 2011 2023				
Included observations: 13 after adjustments				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	0.1163	0.4833	0.2406	0.8179
TEMPH_WD12	0.1703	0.0773	2.2035	0.0698
TEMPH_WD12^2	-0.0095	0.0031	-3.0855	0.0215
@TREND	0.0131	0.0025	5.1889	0.0020
SD14	-0.2746	0.0246	-11.1446	0.0000
DUM1	-0.0600	0.0188	-3.1959	0.0187
DUM2	0.0774	0.0200	3.8760	0.0082
R-squared	0.978	Durbin-Watson stat		2.273627
		Breusch-Godfrey LM Test		0.5694 (p=0.4505)

주 1) @TREND는 추세변수(@TREND=1, 2, ...)를 의미함
 2) SD14는 2014년 이전은 0, 이후는 1을 의미함
 3) DUM1은 2016년, 2019년=1, 그 외 0을 의미함
 4) DUM2는 2015년, 2021년=1, 그 외 0을 의미함
 자료 : 저자 작성

〈그림 3-6〉 비식용미역 단수 실제치 및 추정치



자료 : 저자 작성

3. 수출수요함수

미역 수출수요함수는 국가별 특성을 반영하기 위해 국가별 함수를 추정하였는데, 수출물량이 많은 일본과 그 외 기타 국가로 구분하여 추정하였다. 중국은 임가공을 목적으로 한 수출이 대부분이므로 기타 국가에 포함하였다. 수출수요함수는 모두 로그-로그 형태로 추정하였으며, 미역 수출단가의 경우 미역 도매가격과의 연계식으로 추정하여 활용하였다.

1) 일본

미역 對일본 수출수요함수는 관세율을 적용한 수출단가($EP \cdot (1 + TEX/100)$)와 환율을 고려하였는데, 이 때 환율은 대미환율 대신 대일환율(원/100엔)($EXCH_JP$)을 고려하였다. 추가적으로 일본의 미역 생산단가(FP_JP)를 고려하여 현지 상황을 반영하고자 하였다.

로그-로그 함수 추정결과, 모든 변수는 통계적으로 유의하였으며, 결정

계수도 0.850으로 양호하게 나타났다. 이와 함께 수출단가는 음(-)의 상관관계, 원-엔 환율과 일본의 미역 생산단가와 양(+)의 상관관계를 갖는 것으로 도출되어 경제 이론에 부합하는 것으로 도출되었다.

설명변수의 계수값을 확인해보면, 수출단가가 1% 상승할 때 수출량은 1.2% 감소하는 것으로 나타났다. 이와 반대로 대일환율 및 일본의 미역 가격이 1%씩 상승할 경우 수출량은 각각 1.1%, 0.4% 증가하는 것으로 추정되었다.

〈표 3-14〉 미역 對일본 수출량 추정 결과

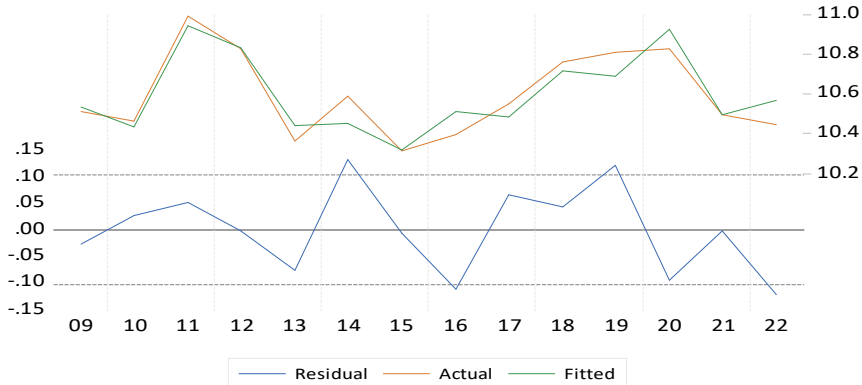
Dependent Variable: LOG(X_JP)				
Method: Least Squares				
Sample: 2009 2022				
Included observations: 14 after adjustments				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	-0.9303	2.6506	-0.3510	0.7347
LOG(EP_JP*(1+TEX_JP/100)/PPI*100)	-1.2204	0.6428	-1.8987	0.0941
LOG(EXCH_JP)	1.1038	0.2767	3.9886	0.0040
LOG(FP_JP/PPI_JP*100)	0.4319	0.1694	2.5489	0.0342
SD11	0.5816	0.2207	2.6351	0.0299
DUM1	0.2797	0.0721	3.8777	0.0047
R-squared	0.850	Durbin-Watson stat		2.291

주 1) SD11은 2011년 이전은 0, 이후는 1을 의미함

2) DUM1은 2011년, 2018년, 2020년=1, 그 외 0을 의미함

자료 : 저자 작성

〈그림 3-7〉 미역 對일본 수출량 실제치 및 추정치



자료 : 저자 작성

2) 기타 국가

일본을 제외한 기타 국가의 수출수요함수는 국가별 관세율을 고려할 수 없으므로 실질화된 수출단가(EP)만 적용하였으며, 대미환율(EXCH)을 고려하였다. 그 외 수출량 변동이 컸던 시기에 더미변수를 적용하여 결과를 도출하였다.

추정결과, 모형의 결정계수 값은 0.993로 모형 설명력이 높았으며, 자기 상관 문제도 존재하지 않았다. 모든 설명변수가 통계적으로 유의하였으며, 부호 조건 또한 경제 이론에 부합하였다.

세부적으로 살펴보면, 수출량은 수출단가와 음(-)의 관계를 갖는 것으로 나타났는데, 수출단가가 1% 상승할 시 기타 국가의 미역 수출량은 1.4% 감소하는 것으로 도출되었다. 대미환율과는 양(+)의 관계로 나타나, 환율이 1% 상승할 때 미역 기타 국가 수출량은 1.0% 증가하는 것으로 도출되었다.

〈표 3-15〉 미역 對기타 국가 수출량 추정 결과

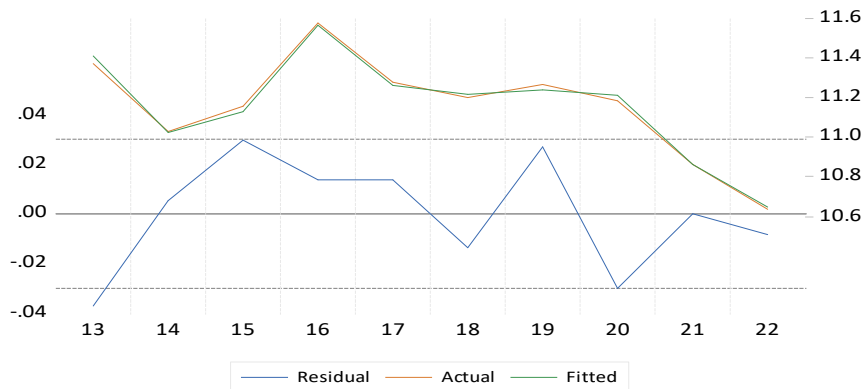
Dependent Variable: LOG(X_ETC)				
Method: Least Squares				
Sample (adjusted): 2013 2022				
Included observations: 10 after adjustments				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	2.0933	1.7579	1.1908	0.2872
LOG(EP_ETC/PPI*100)	-1.3612	0.0647	-21.0439	0.0000
LOG(EXCH)	1.0016	0.2408	4.1594	0.0088
DUM1	-0.0656	0.0252	-2.6049	0.0480
DUM2	0.1709	0.0400	4.2741	0.0079
R-squared	0.993	Durbin-Watson stat		2.033
		Breusch-Godfrey LM Test		1.2653 (p=0.2607)

주 1) DUM1은 2017년, 2018년=1, 그 외 0을 의미함

2) DUM2는 2021년=1, 그 외 0을 의미함

자료 : 저자 작성

〈그림 3-8〉 미역 對기타 국가 수출량 실제치 및 추정치



자료 : 저자 작성

4. 수입수요함수

미역 수입수요함수는 대부분 중국에서 수입되므로 국가별로 구분하지 않고 수입량 전체에 대해 추정하였다. 수입수요함수에는 환율을 적용한 수입단가($MP \cdot EXCH$)를 고려하였으며, 국내 미역 도매가격(WP)과 1인당 가처분 소득($DINC$)을 추가로 고려하였다. 이 때 모든 설명변수는 소비자물가지수(CPI)를 이용하여 실질화하였다.

〈표 3-16〉 미역 수입량 추정 결과

Dependent Variable: LOG(M)				
Method: Least Squares				
Sample (adjusted): 2009 2022				
Included observations: 14 after adjustments				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	-7.0698	4.5371	-1.5582	0.1631
LOG($(MP \cdot EXCH)/CPI \cdot 100$)	-0.9736	0.1491	-6.5309	0.0003
LOG($WP/CPI \cdot 100$)	1.8306	0.2513	7.2852	0.0002
LOG($DINC/CPI \cdot 100$)	0.5430	0.5340	1.0168	0.3431
DUM1	-0.3212	0.1032	-3.1122	0.0170
DUM2	0.5994	0.1008	5.9475	0.0006
DUM3	0.2055	0.0882	2.3300	0.0526
R-squared	0.971	Durbin-Watson stat		2.146

주 1) DUM1은 2012년, 2014년=1, 그 외 0을 의미함

2) DUM2는 2019~2020년=1, 그 외 0을 의미함

3) DUM3은 2016~2017년=1, 그 외 0을 의미함

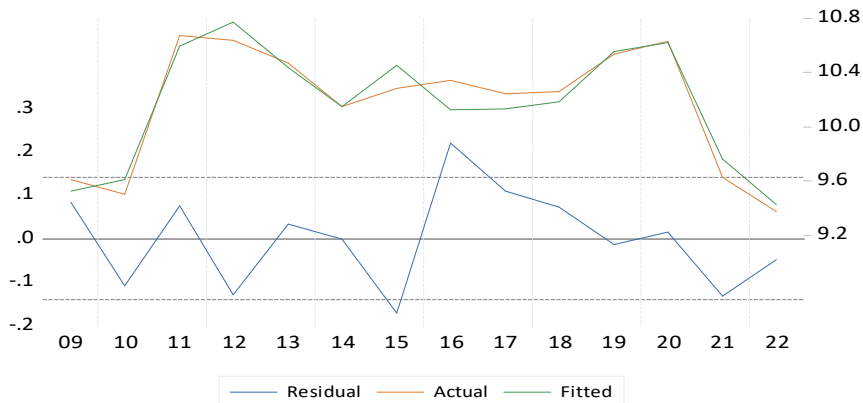
자료 : 저자 작성

로그-로그 함수 형태로 추정한 결과, 결정계수는 0.971로 모형 설명력이 매우 높았으며, 수입단가는 음(-)의 부호, 도매가격 및 소득은 양(+)의 부호로 추정되어 경제 이론에 부합하였다. 소득¹⁰⁾을 제외한 대부분의 설명변수

가 통계적으로 유의하게 도출되었다.

한편, 수입단가가 1% 상승할 때 수입량은 0.97% 감소하는 것으로 나타났다으며, 반대로 국내 도매가격 및 소득이 1%씩 상승할 때는 수입량이 각각 1.83%, 0.54%씩 증가하는 것으로 나타났다.

〈그림 3-9〉 미역 수입량 실제치 및 추정치



자료 : 저자 작성

5. 가격신축성함수

미역은 생산 여기가 있는 품목이므로 일단 시설이 되고 나면 수급 상황에 따라 공급량을 유연하게 조절하는 것이 불가능하다. 이로 인해 미역의 시장균형가격은 공급 주도 하에 결정된다고 볼 수 있다. 이러한 특성을 반영하여 미역의 시장균형가격은 축차모형(recursive model)을 적용하여 역수요함수 형태의 가격신축성함수로 구축하였다.

10) 모형 추정시 설명변수가 10% 수준에서 통계적으로 유의하지 않게 도출될 경우 통상적으로는 설명변수에서 제외하여 재추정해야 한다. 그러나 소득 변수는 수입수요함수 추정시 필수적으로 고려해야 하는 요인이므로 통계적으로 유의하지 않더라도 추정 결과를 그대로 이용하되, 부호조건은 경제 이론에 부합하도록 하였다.

역수요함수의 종속변수는 산지가격이나 도매가격을 고려할 수 있는데, 한석호(2021)의 선행연구 결과처럼 통계적 유의성이 더 높은 산지가격을 종속변수로 이용하였다.

1) 산지가격

미역 산지가격은 가공용 미역 생산이 많은 고흥 및 완도 지역과 나물용 미역 생산이 많은 부산 지역으로 구분하여 추정하였다.¹¹⁾ 이 때 가공용 미역의 경우 생산 비중이 가장 큰 고흥 지역의 가격을 대표 가격으로 설정하여 추정하였으며, 완도 지역 가격은 대표 지역 가격(고흥 지역 가격)과 연계하여 도출하였다.

도매가격은 가공용 미역 산지가격을 이용하여 가격연계함수 형태로 도출하였는데, 가공용 미역은 주로 전남 지역에서 생산되고 있으므로 전남 지역 중 가장 생산 비중이 높은 고흥 지역의 산지가격과 연계하여 추정하였다.

(1) 고흥 지역 산지가격

고흥 지역 산지가격 추정에는 1인당 미역 소비량(PERD), 1인당 가처분 소득(DINC)을 설명변수로 고려하였으며, 산지가격 변동이 컸던 시기에는 더미변수를 적용하여 추정하였다. 이 때, 산지가격과 소득은 GDP디플레이터(GDPDEF)를 이용하여 실질화하였다.

추정 결과, 모든 변수가 통계적으로 유의하게 도출되었으며, 결정계수

11) 미역 산지가격은 고흥, 완도, 부산 3개 지역 자료만 존재하므로, 시설량 결정모형 추정시 타 지역(전남기타, 울산, 기타 지역) 가격은 다음과 같이 대리변수를 적용하였다. 전남기타 지역은 장흥에서의 생산비중이 가장 높는데 장흥 지역의 양식어장이 완도 지역과 밀접하게 위치해있으므로 완도 지역 산지가격을 대리변수로 이용하였다. 울산 및 기타 지역은 나물용 미역 생산비중이 높으므로, 이와 유사한 성격을 가진 부산 지역 산지가격을 대리변수로 이용하였다.

또한 0.885로 양호하였다. 자기상관 문제 또한 존재하지 않았다. 부호조건
의 경우 소비량은 음(-)의 부호로, 소득은 양(+)의 부호로 추정되어 경제
이론에 부합하였다.

고흥 지역 산지가격에 대한 소비량의 가격탄축성 계수값은 -0.3852로 추
정되었는데¹²⁾, 이는 1인당 미역 소비량이 1% 증가할 때 산지가격은 0.4%
하락하는 것을 의미한다. 다음으로 소득 변수의 계수값은 0.6376으로 도
출되어, 소득이 1% 상승할 때에 고흥지역 산지가격은 0.64% 상승하는 것
으로 나타났다.

〈표 3-17〉 고흥 지역 미역 산지가격 추정 결과

Dependent Variable: LOG(FP_GH/GDPDEF*100)				
Method: Least Squares				
Sample (adjusted): 2009 2022				
Included observations: 14 after adjustments				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	-1.3165	2.3314	-0.5647	0.5878
LOG(PERD)	-0.3852	0.1046	-3.6808	0.0062
LOG(DINC/GDPDEF*100)	0.6376	0.2301	2.7712	0.0243
DUM1	0.2070	0.0751	2.7570	0.0248
DUM2	0.2526	0.0490	5.1535	0.0009
DUM3	-0.1973	0.0554	-3.5596	0.0074
R-squared	0.885	Durbin-Watson stat		1.850

주 1) DUM1은 2013년=1, 그 외 0을 의미함

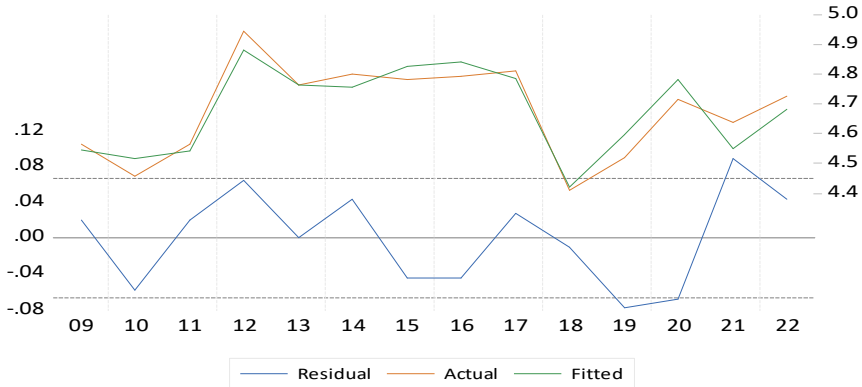
2) DUM2는 2012년, 2015~2017년=1, 그 외 0을 의미함

3) DUM3은 2018~2019년, 2021년=1, 그 외 0을 의미함

자료 : 저자 작성

12) 가격탄축성 계수가 비탄력적으로 추정되어 이는 역으로 수요의 가격탄력성이 탄력적임을 의미한다. 일반적
으로 식품은 필수재의 성격이 강해 가격탄력성이 비탄력적으로 도출되어야 함에도 불구하고 탄력적으로 추
정된 것이다. 이는 미역 산지가격이 수요-공급에 의해 결정되기보다 가공업체와의 협상을 통해 결정되기 때
문인 것으로 판단된다. 이와 함께 분석에 이용된 데이터의 시계열 길이가 짧아 유의미한 결과가 도출되지 못
한 것으로 보인다. 추후 지속적인 데이터 축적 및 모형 개편 작업을 통해 해당 문제를 개선할 필요가 있다.

〈그림 3-10〉 고흥 지역 미역 산지가격 실제치 및 추정치



자료 : 저자 작성

(2) 완도 지역 산지가격

완도 지역 산지가격은 고흥 지역 산지가격과 연계하여 추정하였으며, 가격 변동이 크거나 구조적인 변화를 보였던 시점에는 더미변수를 추가하였다.

〈표 3-18〉 완도 지역 미역 산지가격 추정 결과

Dependent Variable: LOG(FP_WD)					
Method: Least Squares					
Sample: 2009 2022					
Included observations: 14					
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.	
C	-0.5598	0.2967	-1.8871	0.0885	
LOG(FP_GH)	1.1192	0.0630	17.7545	0.0000	
DUM1	-0.3260	0.0369	-8.8408	0.0000	
SD21	-0.1052	0.0214	-4.9153	0.0006	
R-squared	0.985	Durbin-Watson stat		2.160	

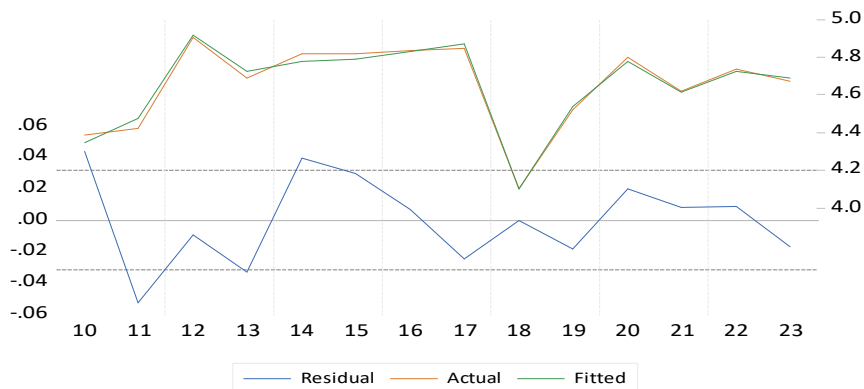
주 1) DUM1은 2018년=1, 그 외 0을 의미함

2) SD21은 2021년 이전은 0, 이후는 1을 의미함

자료 : 저자 작성

추정 결과, 결정계수가 0.985로 모형 설명력이 높았으며, 모든 설명변수가 통계적으로 유의하였다. 부호조건 또한 경제 이론에 부합하였으며 자기상관 문제는 존재하지 않았다.

〈그림 3-11〉 완도 지역 미역 산지가격 실제치 및 추정치



자료 : 저자 작성

(3) 부산 지역 산지가격

부산 지역 산지가격 추정에는 고흥 지역과 마찬가지로 1인당 미역 소비량(PERD), 1인당 가처분소득(DINC)을 설명변수로 고려하였다. 이와 함께 산지가격 변동이 컸던 시점에는 더미변수를 도입하였다. 모형에 투입된 산지가격과 소득은 GDP디플레이터(GDPDEF)로 실질화하였다.

로그-로그 함수 추정 결과, 결정계수가 0.927로 모형의 설명력이 높았으며, 상수항을 제외한 모든 변수가 통계적으로 유의하게 도출되었다. 부호조건 또한 소비량은 음(-)의 부호로, 소득은 양(+)의 부호로 추정되어 경제이론에 부합하였다.

부산 지역 산지가격에 대한 소비량의 가격탄력성 계수값은 -0.4648로 추

정되었으며¹³⁾, 1인당 미역 소비량이 1% 증가할 때 산지가격은 0.5% 하락하는 것으로 볼 수 있다. 소득 변수의 계수값은 0.8700으로, 소득이 1% 상승할 경우 부산 지역 산지가격은 0.87% 상승하는 것으로 나타났다.

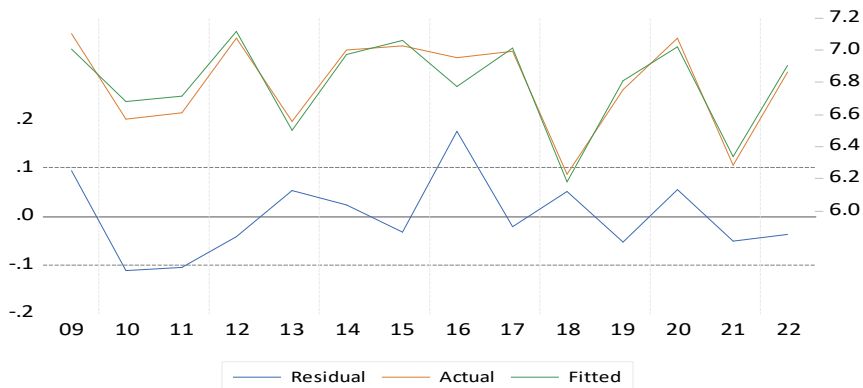
〈표 3-19〉 부산 지역 미역 산지가격 추정 결과

Dependent Variable: LOG(FP_BS/GDPDEF*100)				
Method: Least Squares				
Sample: 2009 2022				
Included observations: 14				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	-1.3735	3.4478	-0.3984	0.7008
LOG(PERD)	-0.4648	0.1429	-3.2535	0.0116
LOG(DINC/GDPDEF*100)	0.8700	0.3393	2.5643	0.0334
DUM1	-0.6407	0.0888	-7.2123	0.0001
DUM2	-0.2292	0.0836	-2.7428	0.0253
DUM3	0.3016	0.0699	4.3111	0.0026
R-squared	0.927	Durbin-Watson stat		2.196

주 : DUM1은 2018, 2021년=1, 그 외 0, DUM2는 2013, 2019년=1, 그 외 0, DUM3은 2009, 2012, 2015, 2017=1, 그 외 0을 의미함

자료 : 저자 작성

〈그림 3-12〉 부산 지역 미역 산지가격 실제치 및 추정치



자료 : 저자 작성

13) 상동

2) 도매가격

도매가격은 별도의 지역 구분 없이 가공용 미역 생산량이 가장 많은 고흥 지역의 산지가격(FP_GH)과 연계하여 도출하였다. 로그-로그함수를 이용하되, 별도의 실질화 과정은 거치지 않았다.

〈표 3-20〉 미역 도매가격 추정 결과

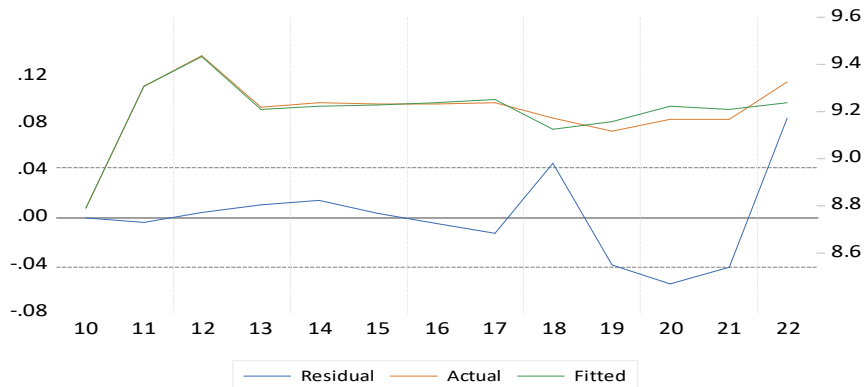
Dependent Variable: LOG(WP)				
Method: Least Squares				
Sample (adjusted): 2010 2022				
Included observations: 13 after adjustments				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	7.7314	0.4339	17.8172	0.0000
LOG(FP_GH)	0.3127	0.0918	3.4063	0.0078
DUM1	-0.3137	0.0547	-5.7328	0.0003
DUM2	0.1680	0.0332	5.0627	0.0007
R-squared	0.938	Durbin-Watson stat		1.708

주 1) DUM1은 2010년=1, 그 외 0을 의미함

2) DUM2는 2011년, 2012년=1, 그 외 0을 의미함

자료 : 저자 작성

〈그림 3-13〉 미역 도매가격 실제치 및 추정치



추정 결과, 산지가격 변수의 계수값이 0.31로 매우 비탄력적으로 추정되었다. 이는 산지가격이 1% 상승할 때 도매가격이 0.31% 상승한다는 것으로, 미역 도매가격과 산지가격 간의 연계성이 낮음을 의미한다. 이는 원물 형태로 거래되는 산지 단계와 달리, 도매 단계에서는 가공 제품 형태로 유통되면서 나타나는 문제로 판단된다.

김, 미역과 같은 해조류는 산지 단계에서는 원초 형태로 거래되지만, 도매 단계에서는 염장, 건조 등의 가공 절차를 거쳐 마른김, 마른실미역 등 가공품 형태로 거래된다. 특히 미역은 건조 절차만 거치는 김과 달리, 자숙, 염장, 줄기-잎 선별, 건조 등 매우 많은 단계를 거치는데, 이러한 일련의 과정에서 발생하는 제반 비용이 도매가격에서 차지하는 비중은 원초(물미역)가격 비중을 훨씬 웃돌게 된다. 이로 인해 미역 산지가격이 도매가격에 미치는 영향력이 낮게 나타나게 된다.

제3절 모형의 예측력 검정

앞서 2절에서는 개별방정식 추정시 모형의 결정계수(R^2), 설명변수의 부호조건, 통계적 유의성(t-value) 등이 일정 기준에 부합하는지를 확인하여 모형의 적합성을 확인하였다. 그러나 개별방정식이 상호 연계되어 전체 구조를 이루는 모형 체계에서는 모형 전체에 대한 예측력 검정이 필요하다. 이는 실제치(Actual value)와 시뮬레이션을 통해 추정된 예측치(Predicted value)를 비교하는 방식인 역사적 시뮬레이션(Historical simulation)을 통해 수행할 수 있다.

본 연구에서는 주요 모형 예측력 검정 방법 중 RMSPE(Root Mean Square Percent Error), MAPE(Mean Absolute Percent Error), Theil

의 불균등계수(Theil's inequality coefficient; Theil's U_1)를 이용하여 예측력을 검정하고자 한다. RMSPE와 MAPE는 0~100% 사이 값을 가지는데, 선행연구의 예측력 검정 결과를 살펴보면 10% 이하의 값을 가질 때 예측력이 우수하다고 평가하였다. Theil's U_1 은 0에서 1 사이의 값을 가지는데, 0.1 이하로 도출될 경우 예측력이 우수하다고 평가하였다.

$$RMSPE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \left(\frac{Y_t^s - Y_t}{Y_t} \right)^2} \times 100 \quad [\text{식 3-10}]$$

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \left| \frac{Y_t^s - Y_t}{Y_t} \right| \times 100 \quad [\text{식 3-11}]$$

$$Theil's U_1 = \frac{\sqrt{\frac{1}{n} \sum_{t=1}^n (Y_t^s - Y_t)^2}}{\sqrt{\frac{1}{n} \sum_{t=1}^n (Y_t^s)^2} + \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{t=1}^n (Y_t)^2}} \quad [\text{식 3-12}]$$

주 : Y_t^s 는 예측치, Y_t 는 실제치

예측력 검정 기간은 2020~2022년(2021~2023년산)으로, 모형의 시계열 길이가 짧기 때문에 5년 이상의 중장기 예측력을 확인하는 것은 무리가 있다고 판단하여 최근 3년간의 예측력을 확인하였다.

먼저 미역 시설량 반응함수의 예측력 검정 결과, 대부분 지역의 모형 예측력이 우수한 것으로 나타났다. 부산 및 기타 지역의 경우 RMSPE 및 MAPE 값은 기준치 이상으로 나타났으나, Theil의 불균등계수가 0.1 이하로 추정되어 예측력이 양호하였다. 그러나 울산 지역의 경우 모든 검정 방법이 기준치를 소폭 웃돌아 예측력이 상대적으로 저조한 것으로 나타났다.

결론적으로 생산량이 많은 주산지의 경우 모형의 예측력이 매우 우수한 반면, 생산 비중이 적은 지역은 예측력이 상대적으로 낮게 도출되었다. 이는 생산 비중이 적은 지역의 시설량이 많지 않아 추정이 어려웠던 것으로 판단된다.

〈표 3-21〉 미역 시설량 반응함수 예측력 검정 결과

구분	RMSPE	MAPE	Theil's U_1
고흥	3.76	3.63	0.02
완도	8.44	7.51	0.04
전남기타	5.56	4.26	0.03
부산	15.77	11.94	0.07
울산	25.28	19.11	0.12
기타	13.99	9.80	0.08

자료 : 저자 작성

다음으로 지역별 단수함수 예측력 검정 결과, 고흥, 완도, 전남기타 등 전남 지역의 모형 예측력은 우수했으나, 부산, 울산, 기타 지역의 예측력은 상대적으로 저조한 것으로 나타났다.

고흥 지역을 제외하고는 전반적으로 RMSPE와 MAPE 값이 기준치 이상으로 추정되었으나, Theil의 불균등계수는 전남 지역 모두 우수하였다. 반면, 부산, 울산, 기타 지역은 모든 검정 방법에서 기준치를 상회하였는데, 이는 앞서 시설량 예측력 검정 결과와 마찬가지로 주산지 외 지역의 생산량이 상대적으로 적어 모형 추정이 어려웠기 때문인 것으로 보인다.

〈표 3-22〉 미역 단수함수 예측력 검정 결과

구분	RMSPE	MAPE	Theil's U_1
고흥	9.67	8.84	0.05
완도	11.06	10.95	0.06
전남기타	18.72	14.52	0.08
부산	23.43	19.13	0.11
울산	36.75	28.42	0.15
기타	33.16	27.77	0.19

자료 : 저자 작성

미역 수출입수요함수의 예측력 검정 결과는 다음과 같다. 국가별 수출량 함수의 예측력을 확인해보면, 모든 국가의 예측력이 기준치 이내로 추정되어 예측력이 높은 것으로 나타났다. 특히 對기타 국가 수출량의 모형 예측력이 가장 우수하게 도출되었다. 수입량 함수에 대한 예측력 검정 결과 또한 양호한 것으로 나타났다.

〈표 3-23〉 미역 수출입수요함수 예측력 검정 결과

구분		RMSPE	MAPE	Theil's U_1
수출량	일본	9.15	7.78	0.05
	기타	1.95	1.58	0.01
수입량		7.77	4.63	0.04

자료 : 저자 작성

미역 산지 및 도매가격 함수의 예측력 검정 결과 또한 RMSPE, MAPE, Theil의 불균등계수 모두 기준치 이내로 추정되어 예측력이 우수한 것으로 나타났다.

〈표 3-24〉 미역 산지 및 도매가격 함수 예측력 검정 결과

구분		RMSPE	MAPE	Theil's U_1
산지가격	고흥	7.74	6.97	0.04
	완도	6.24	6.05	0.03
	부산	6.95	5.39	0.03
도매가격		5.61	5.41	0.03

자료 : 저자 작성

04

미역 중장기 수급전망 및 활용방안

제1절 주요 지표 전망 결과

1. 주요 외생변수 가정

본 연구를 통해 구축된 미역 중장기 수급전망모형을 이용하여 2023~2025년까지 총 3개년에 대한 전망을 수행하였다. 시설량 및 단수의 경우 연산 개념을 적용하여 2024~2026년산에 대해 전망하였다. 전망에 이용된 주요 외생변수는 다음과 같다.

주요 외생변수 전망치는 공신력 있는 전문기관에서 공표한 공식 전망자료를 이용하려고 노력하였는데, 인구는 통계청의 장래추계인구 전망치를 적용하였으며, GDP디플레이터와 소비자물가지수는 기획재정부의 2023년 하반기 경제정책방향 전망치를 이용하였다. 대미환율은 한국무역보험공사의 환율전망 자료를 이용하였다.

전망치가 공표되지 않는 변수의 경우 KMI-FOSiM의 전망치를 활용하거나, 이동평균, 평균 변화율 등의 개념을 적용하여 도출하였다. 1인당 처분가능소득, 미역 및 전복 경영비인 양식 건당 소요액, 전복 산지가격은 KMI-FOSiM의 전망치를 이용하였으며, 국내 생산자물가지수 및 일본 생

산자물가지수는 5년 평균 변화율을 적용하였다. 대일환율의 경우 전망 자료가 없어 22년 환율이 계속 유지되는 것으로 가정하였다. 마지막으로 일본의 미역 생산단가, 수온, 용존무기질소, 일조시간은 3년 이동 평균값을 적용하였다.

〈표 4-1〉 주요 외생변수 가정

구분	2023년	2024년	2025년	비고
인구(천 명)	51,558	51,500	51,448	통계청
1인당 처분가능소득(천 원)	34,359	36,035	37,537	KMI-FOSiM
GDP디플레이터(2015=100)	111.995	114.683	117.206	기획재정부
생산자물가지수(2015=100)	122.628	126.934	132.278	5년 평균 변화율
소비자물가지수(2020=100)	111.264	113.824	116.441	기획재정부
대미환율(원/달러)	1,265.6	1,225.0	1,225.0	한국무역보험공사
대일환율(원/100엔)	983.4	983.4	983.4	22년 유지
일본 생산자물가지수(2015=100)	111.417	114.019	116.622	5년 평균 변화율
미역 양식 건당 소요액(천 원)	6,266	6,737	7,100	KMI-FOSiM
전복 양식 건당 소요액(천 원)	88,387	95,032	100,159	KMI-FOSiM
전복 산지가격(10미, 원/kg)	35,645	39,009	40,034	KMI-FOSiM
일본 미역 생산단가(엔/kg)	200	201	206	3년 이동평균
지역별 12월 평균 수온	-	-	-	3년 이동평균
지역별 10, 12월 용존무기질소	-	-	-	3년 이동평균
지역별 11, 12월 일조시간	-	-	-	3년 이동평균

주 : 지역별 수온, 용존무기질소, 일조시간 전망치는 편의상 표기를 생략하였음
자료 : 저자 작성

2. 미역 수급 및 가격 지표 전망 결과

미역 수급 및 가격 지표 전망 결과를 살펴보면, 2026년산 식용미역 시설량은 27만 4,639줄로 2023년산 대비 연평균 1.2%씩 증가할 것으로 전망되었다. 지역별로 고흥, 완도, 전남기타 지역 시설량은 연평균 0.8~3.1%씩 증가할 것으로 나타난 반면, 부산, 울산, 기타 지역 시설량은 연평균

1.1~3.4%씩 감소할 것으로 나타났다.

2026년산 식용미역 생산량은 28만 6,767톤으로 연평균 1.9%씩 증가할 것으로 전망되었다. 지역별로는 기타 지역을 제외하고는 모두 2023년산 대비 증가할 것으로 나타났다. 산지가격 전망치 또한 증가세를 보였는데, 부산 지역 산지가격의 경우 2023년산 가격이 낮게 형성되어 이전 가격대로 회복할 것으로 나타났다.

〈표 4-2〉 미역 시설량, 생산량 및 산지가격 전망결과

구분		실제치	전망치			연평균 증감률(%)
		2023년산	2024년산	2025년산	2026년산	
식용미역 시설량(줄)	합계	265,109	266,145	271,668	274,639	1.2
	고흥	109,838	110,947	111,797	112,435	0.8
	완도	66,019	67,983	69,503	70,702	2.3
	전남기타	44,242	46,002	47,363	48,439	3.1
	부산	23,381	21,613	22,280	22,639	-1.1
	울산	5,585	5,288	5,718	5,036	-3.4
	기타	16,044	14,312	15,007	15,388	-1.4
식용미역 생산량(톤)	합계	270,882	281,005	283,870	286,767	1.9
	고흥	125,760	128,233	128,485	129,331	0.9
	완도	74,947	77,646	78,676	80,351	2.3
	전남기타	48,802	51,171	52,399	53,636	3.2
	부산	13,098	15,652	15,578	15,064	4.8
	울산	1,660	2,582	2,686	2,135	8.7
	기타	6,615	5,721	6,045	6,251	-1.9
산지가격 (원/kg)	고흥	119	126	129	133	3.8
	완도	107	115	125	131	7.0
	부산	636	1,072	1,098	1,137	21.4
비식용미역 시설량(줄)		523,167	534,116	545,016	553,272	1.9
비식용미역 생산량(톤)		305,417	331,925	342,388	352,718	4.9

자료: 저자 작성

다음으로 2026년산 비식용 시설량은 55만 3,272줄로 연평균 1.9%씩 증가할 것으로 전망되었으며, 비식용 생산량 또한 연평균 4.9%씩 증가하여 2026년산은 35만 2,718톤이 생산될 것으로 나타났다.

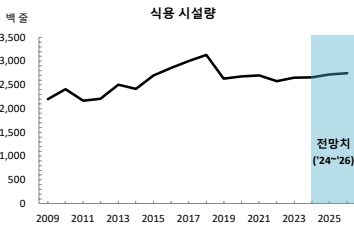
한편, 2025년 미역 수출량은 8만 2,609톤으로 2022년 대비 연평균 2.8%씩 늘어날 것으로 전망되었으며, 2025년 수입량은 연평균 1.2%씩 증가한 1만 2,223톤으로 나타났다. 생산량 및 수입량 증가에 따라 2025년 소비량 또한 연평균 3.2%씩 증가할 것으로 전망되었다. 마지막으로 2025년 미역 도매가격은 kg당 11,336원으로 연평균 0.5%씩 상승할 것으로 전망되었다.

〈표 4-3〉 미역 수출입량, 소비량 및 도매가격 전망결과

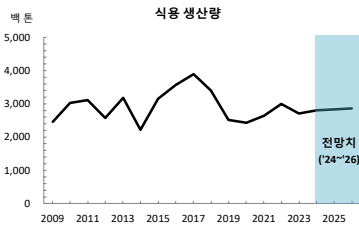
구분		실제치	전망치			연평균 증감률(%)
		2022년	2023년	2024년	2025년	
수출량 (톤)	합계	76,113	77,934	78,683	82,609	2.8
	일본	34,466	35,070	35,665	37,287	2.7
	기타	41,647	42,865	43,018	45,323	2.9
수입량(톤)		11,786	11,488	12,190	12,223	1.2
소비량(톤)		235,549	247,301	257,531	258,806	3.2
도매가격(원/kg)		11,171	11,056	11,260	11,336	0.5

자료: 저자 작성

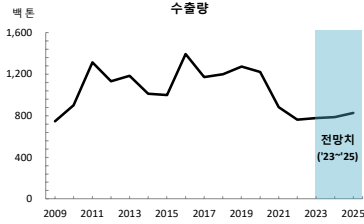
〈그림 4-1〉 미역 수급 및 가격 전망 추이



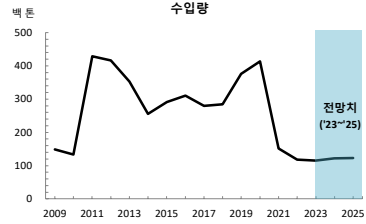
〈식용 시설량〉



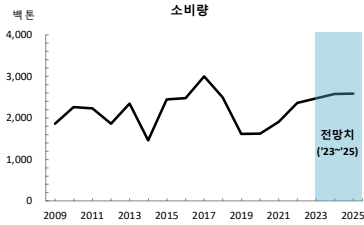
〈식용 생산량〉



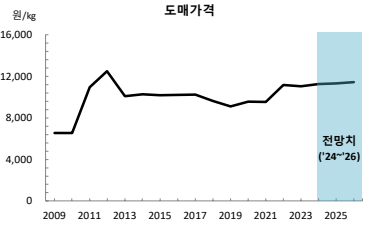
〈수출량〉



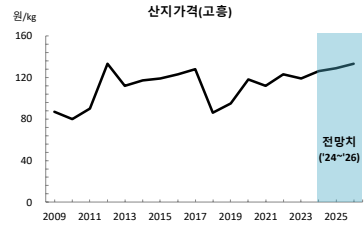
〈수입량〉



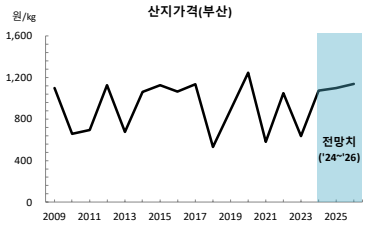
〈소비량〉



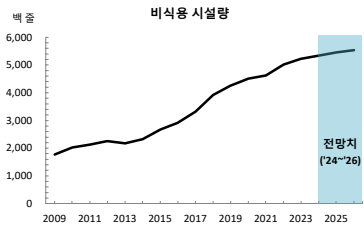
〈도매가격〉



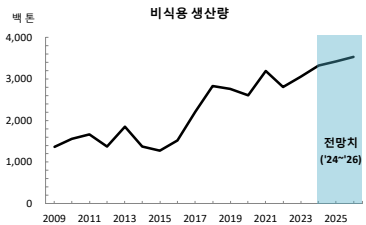
〈산지가격(고흥)〉



〈산지가격(부산)〉



〈비식용 시설량〉



〈비식용 생산량〉

자료: 저자 작성

제2절 미역 중장기 수급전망모형 활용방안

1. 향후 모형 개선 방향

수급전망모형은 구축 이후 주기적으로 개선 작업을 수행하여 모형의 예측력 및 정확성을 향상시켜야 한다. 기초 통계 DB를 갱신하거나 하위 개별 방정식을 부분적으로 재추정하는 것은 필요에 따라 수시로 진행될 필요가 있다. 수산업관측센터에서 운용 중인 품목별 중장기 수급전망모형 또한 수시로 DB를 갱신하고 하위 개별방정식을 재추정하고 있으며, 큰 틀에서는 3년을 주기로 전면 개편 작업을 수행하고 있다. 따라서 미역 중장기 수급전망모형 또한 3년을 주기로 하여 차기 개편 작업이 진행되어야 할 것이다. 향후 원활한 미역 중장기 수급전망모형 개편을 위해 현재 추진해야 할 개선 방향을 살펴보면 다음과 같다.

첫째, 미역 단기예측모형과의 연계를 통한 앙상블(Ensemble) 모형 체계를 구축해야 한다. 수산업관측센터에서는 2014년 미역 단기예측모형을 최초 구축한 이후 주기적인 운용·개편 작업을 수행하고 있는데, 단기예측모형과 본 연구를 통해 구축된 중장기 수급전망모형은 상호 독립적인 체계로 운영되고 있다. 이럴 경우 단기와 중장기 전망치의 전망 방향성이 서로 상이하여 전망정보 수요자에게 혼란을 야기할 수 있다.

따라서 앙상블 모형 체계를 적용하여 기존의 단기예측모형과 새로 구축된 중장기 수급전망모형을 병행 운용할 필요가 있다. 이를 위해 단기예측모형과 중장기 수급전망모형을 동시에 운용하여 전망 결과를 상호 비교할 수 있도록 해야 하며, 일정 부분 조율을 통해 최종적으로 전망치를 이용할 수 있도록 해야 할 것이다.

둘째, 모형 고도화의 일환으로 미역 수급 관련 기초 통계 DB를 지속적으

로 구축하고 추가적으로 활용 가능한 통계 자료를 수집·개발해야 한다. 보다 정교하고 예측력 높은 모형을 구축하기 위해서는 미역 수급과 관련된 다양한 기초 통계자료를 확보하는 것이 가장 중요하며, 이를 장기간 축적하여 분석에 활용할 수 있도록 데이터베이스화 하는 것이 필요하다. 그러나 관련 변수의 통계자료가 미비하여 분석에 반영되지 못하는 경우가 많은 상황이다.

본 연구에서도 보유하고 있는 통계 자료의 시계열 길이가 부족하여 원활하게 모형을 추정하기 어려웠다. 한 변수 당 2009~2022년까지 최대 14년의 자료만 축적되어있어 개별방정식의 계수값이 통계적으로 유의하지 않거나 편의가 발생할 확률이 높았다. 이와 함께 임가공용 미역 수출량에 대한 통계자료가 구축되어있지 않아 수출량 함수 추정시 정교한 분석이 이루어지지 못하였다. 생물학적 영향 요인인 조도의 경우에도 최근에 연구가 시작되면서 관련 자료가 축적되어있지 못하여 일조시간을 대리변수로 이용하였는데, 해당 변수는 실제 양식장에서 측정된 값이 아니므로 추정값에 오류가 발생할 수 있다.

이러한 오류가 개선되지 않은 상태에서 모형을 지속적으로 운용할 경우 모형의 신뢰성이 하락하고 예측력 또한 떨어질 수 있으므로, 장기적인 측면에서 접근하여 해결 방안을 모색해야 한다. 현재 구축되어있지 않은 통계 자료를 대신하여 이용할 수 있는 대리변수가 있는지 확인해야 할 것이며, 신규 통계자료 구축에 대해서도 지속적인 검토가 필요할 것으로 보인다. 이를 위해 현재 구축되지 않은 변수를 대신하여 이용할 수 있는 대리변수의 존재 여부를 지속적으로 확인해야 할 필요가 있으며, 신규 통계 DB 구축 방안에 대해서도 지속적인 검토가 필요할 것으로 판단된다.

임가공용 미역 수출량 통계는 공식적으로 공표되는 자료에서는 확인할 수 없으나, 수출면허서류인 '수출신고필증'의 수출 거래 구분 코드를 활용

할 경우 임가공 수출 실적을 제외할 수 있다. 해당 자료는 별도의 자료 구매 또는 협조가 필요한 부분으로, 추후 협의 절차를 통해 임가공용 수출량을 구분하여 모형에 반영할 필요가 있다. 임가공용 수출 비중이 높아 수출 수요함수 추정에서 제외된 중국의 경우 최근 내수 소비용 수출이 증가하고 있는 추세이므로 이러한 기조를 반영하여 향후에는 중국에 대해서도 수출 수요함수를 별도로 추정해야할 것으로 판단된다.

셋째, 주요 추정 변수 계수값의 탄력성에 대한 연구가 지속적으로 이루어질 필요가 있다. 모형은 가장 최근 시점의 시계열 자료를 기초로 하여 추정되므로 시간이 지날수록 현재의 계수값이 현실과 맞지 않아 모형의 정확도가 떨어질 수 있다. 따라서 지속적으로 통계 DB를 갱신함과 동시에 개별방정식 재추정을 통해 주요 변수의 계수값을 갱신해야 한다.

특히 가격신축성함수의 경우 가격신축성이 비탄력적으로 나타났는데, 이는 역으로 수요의 가격탄력성이 탄력적임을 의미한다. 일반적으로 식품류는 필수재의 성격이 강해 수요의 가격탄력성이 비탄력적으로 추정되는데, 이와 반대되는 결과가 도출되었다. 이를 해결하기 위해 현재 구축된 기초 통계자료를 면밀히 분석하여 원인을 도출함과 동시에 지속적으로 관련 통계자료를 축적하고 재추정하는 작업을 수행해야 할 것이다.

이와 함께 추정된 계수값의 탄력성이 과연 적합한 것인가에 대한 논의를 이어나가야 할 것이다. 이를 위해 모형 측면에서의 탄력성 적합도 검증뿐만 아니라 수산분야 전문가를 대상으로도 검토가 이루어져야 할 것이다. 관련 내부 연구 또한 활발하게 수행되어야 할 것이다.

이상 미역 중장기 수급전망모형 개선 방향을 로드맵으로 제시하면 <표 4-4>와 같이 정리할 수 있다.

〈표 4-4〉 미역 중장기 수급전망모형 개선 로드맵

구분	2024	2025	2026	2027
■ 통계 DB 갱신 및 하위 모듈 재추정				전면 개편
▶ 단기예측모형과의 연계				
▶ 신규·대리 변수 수집 및 개발				
▶ 주요 변수 탄력성 검증 연구				

자료: 저자 작성

2. 향후 모형 활용 방안

본 연구를 통해 구축된 미역 중장기 수급전망모형은 다음과 같이 활용될 수 있다.

정기적인 정보 제공의 관점에서 살펴보면, 먼저 수산업관측센터에서 매월 공표하고 있는 수산관측월보에 전망치를 정기적으로 제공할 수 있다. 매월 미역 생산량 및 가격 전망시 단기예측모형과 중장기 수급전망모형을 함께 운용하여 월 단위 및 연 단위 전망 정보를 함께 제공하여 어업인들의 경영의사결정을 지원할 수 있다. 특히 어기 초인 11월과 어기 말인 5월에는 지역별 시설량 및 가격 전망치를 추가적으로 제공함으로써 어업인들이 원활하게 경영계획을 수립할 수 있는 기초자료로 활용될 수 있다.

그 외에도 매년 개최되고 있는 해양수산전망대회의 미역 수급 지표 전망치를 제공할 수 있다. 한국해양수산개발원에서는 매년 1월 해양수산전망대회를 개최하여 한 해의 이슈 및 전망정보를 제공하고 있다. 따라서 미역 생산량, 가격 등의 수급 전망 정보를 제공함으로써 향후 정책입안자의 정책방향 수립 및 어업인의 어업경영전략 수립에 기여할 수 있다.

다음으로 수시 정보 제공의 관점에서 살펴보면, 대내외 요인에 대해 다

양한 정책시뮬레이션을 수행함으로써 정책입안자들의 정책의사결정을 위한 기초자료를 제공할 수 있다. 이상 수온 발생이나 환율 급락 등 대내외 요인 변동이 발생할 경우, 정책시나리오 분석을 수행하여 해당 변수가 주요 미역 수급 지표에 얼마나 영향을 미치는지 사전적으로 확인할 수 있다.

정책시뮬레이션은 모형의 특정 변수에 외생적으로 충격을 주었을 때 생산량, 가격 등 주요 내생변수가 어떻게 반응하는지 파악하는 ‘민감도 분석’으로, 구축된 모형의 적합성이나 안정성을 검토할 수 있는 방법이라고 할 수 있다.

정책시뮬레이션 수행을 위해서는 먼저 평시 상황에서의 기준전망치(Baseline)를 도출해야 한다. 이후 정책 실험이 필요한 특정 외생변수에 시나리오별로 충격을 주면, 이에 따른 내생변수 변동의 파급효과를 계측할 수 있다. 파급효과를 도출하는 식은 다음과 같다.

$$\text{파급효과}(\%) = \frac{\text{시나리오 전망치}(Y_t^s) - \text{기준전망치}(Y_t^b)}{\text{기준전망치}(Y_t^b)} \times 100 \quad [\text{식 4-1}]$$

한편, 정책시뮬레이션은 다음과 같은 형태로 수행될 수 있다. 여기 초 수온 변동에 따른 단수 변화를 예로 들면 다음과 같다. <표 4-5>는 고흥 지역 단수 함수의 계수값을 이용하여 다른 설명변수는 동일하게 고정한 후 평균 수온만 변화하였을 때의 단수 변화를 확인한 결과이다.

〈표 4-5〉 고흥 지역 수온 변화에 따른 미역 단수 변화

수온 변화	baseline	1	2	3	4	5
평균 수온(℃)	7	8	9	10	11	12
평균 수온 ² (℃)	49	64	81	100	121	144
용존무기질소(mg/ℓ)	0.082	0.082	0.082	0.082	0.082	0.082
일조시간(hr)	177.3	177.3	177.3	177.3	177.3	177.3
단수(톤/줄)	1.027	1.070	1.095	1.103	1.094	1.067
단수 변화	-	0.043	0.026	0.008	-0.009	-0.027
시설량(줄)	109,838	109,838	109,838	109,838	109,838	109,838
생산량(톤)	112,778	117,503	120,312	121,205	120,182	117,243
파급효과(%)	-	4.2	6.7	7.5	6.6	4.0

자료: 저자 작성

분석 결과, 평균 수온이 11℃일 때를 기점으로 미역 단수가 감소하는 것으로 나타났다. 이는 11℃ 이전까지는 수온이 상승하면 단수가 증가하다가 최적점인 10℃를 넘어가면서 단수가 감소하는 것을 의미한다. 이 때 수온 변화에 따른 생산량 변동을 확인해보면, 수온이 상승함에 따라 생산량은 기준전망치 대비 4.0~7.5% 증가하는 것으로 도출되었다. 그러나 파급효과 크기는 차이를 보였는데, 최적점인 10℃의 생산량이 7.5%로 기준전망치 대비 가장 크게 늘었으며, 11℃를 기준으로 생산량 변동폭이 줄어드는 것으로 나타났다.

이러한 정보를 통해 어업인은 수온 변화에 따른 생산량을 미리 예측하여 상황에 맞는 어업경영전략을 사전에 수립할 수 있을 것이며, 정책입안자는 이상 수온에 대비하여 사전 피해를 계측하는 등 정책의사결정의 기초자료로 활용할 수 있을 것이다.

05

결론 및 제언

제1절 요약 및 결론

1. 요약

본 연구에서는 주요 양식품목인 미역의 중장기 수급전망모형을 구축하였으며, 주요 연구결과를 요약하면 다음과 같다.

먼저 제2장에서는 미역 양식 현황 및 미역의 생물학적 특성을 살펴본 후, 생산, 수출입 및 가격 동향을 검토하여 미역 수급 특성을 파악하였다. 해당 결과를 토대로 미역 중장기 수급전망모형 구축 방향을 제시하였는데, 생산 특성에 따라 식용미역 모형과 비식용미역 모형으로 분리하여 구축하고, 미역 성장에 영향을 미치는 주요 생물학적 요인인 수온, 영양염류, 조도(일조시간)를 설명변수로 투입하여 비선형 형태의 단수 모형을 구축하는 것을 기본 구축 방향으로 설정하였다. 이와 함께 축차형 방식을 통해 균형 가격을 도출하며, 최종적으로는 엑셀 스프레드시트를 통해 모형을 운용·관리하고자 하였다.

제3장에서는 미역 수급 관련 DB를 검토한 후 하위 개별방정식을 설정하

였으며, 모형의 전체 구조를 제시하였다. 이를 토대로 시설량, 단수, 수출, 수입, 가격신축성함수를 추정한 후 예측력 검정 결과를 제시하였다. 이 때 시설량 및 단수는 지역 패널자료를 활용하여 패널분석을 실시하였다. 모형의 예측력 검정 결과 대부분의 개별방정식의 예측력이 우수한 것으로 나타났다. 전남 지역에 비해 생산량이 적은 부산, 울산, 기타 지역의 시설량 및 단수 함수의 예측력은 상대적으로 저조하게 나타났다.

제4장에서는 최종적으로 구축된 모형을 이용하여 2023~2025년(2024~2026년산) 미역 주요 수급 지표를 전망하였다. 전망 결과, 2026년산 식용미역 시설량 및 생산량 모두 증가할 것으로, 산지가격 또한 상승할 것으로 전망되었다. 비식용 시설량 및 생산량 또한 2023년산 대비 늘 것으로 나타났다. 다음으로 향후 미역 모형의 개선 방향 및 활용 방안을 제시하였는데, 통계 DB 갱신 및 하위 모듈 재추정을 기본으로 미역 단기예측모형과의 연계 작업을 수행할 예정이며, 모형에 투입 가능한 신규 변수 또는 대리변수를 수집하고 개발할 것이다. 마지막으로 주요 변수의 탄력성 검증 연구도 함께 진행할 예정이다.

2. 결론

본 연구의 목적은 양식미역의 연산별 수급 특성뿐만 아니라 생물학적 영향 요인을 반영한 중장기 수급전망모형을 구축하는 것이다. 세부적으로는 경제학적 인과관계를 기초로 한 모형 구축, 미역 수급 구조 특성 및 생물학적 영향 요인을 반영한 모형 구축, 대내외적 요인에 대한 정책시뮬레이션이 가능한 모형 구축으로 구분될 수 있다.

세부 연구 목적에 따른 본 연구의 결론은 다음과 같다. 첫째, 경제학적 인과관계를 기초로 하여 전체 모형 구조 및 하위 개별방정식을 구축하였다.

미역의 수요-공급 흐름을 반영하고 경제 이론에도 부합하도록 모형 구조와 하위 개별방정식을 수립하였으며, 이를 토대로 모형을 추정한 후 엑셀스프레드시트로 구현하였다.

다음으로 미역 수급 구조 및 생물학적 영향 요인을 반영하여 모형을 구축하였다. 미역 용도별로 식용-비식용 전망모형을 분리하였으며, 지역 패 널 자료를 이용하여 생산 지역별 특성에 따른 모형을 구축하였다. 이와 함께 수온, 영양염류, 일조시간 등 미역 생장에 영향을 미치는 생물학적 요인을 설명변수로 반영하여 단수함수를 추정하였다. 이 때 단수함수는 단순 선형 형태가 아닌 2차 함수 형태의 비선형 방정식을 적용하여 미역의 생물학적 특성을 반영하고자 하였다.

마지막으로 대내외 요인 변동에 따른 정책시뮬레이션이 가능하도록 모형을 구축하여 대내외적 충격 요인이 미역 수급 지표에 미치는 영향을 분석할 수 있도록 하였다. 이상 수온, 환율 변동 등 대내외적 요인의 변동에 대해 시나리오 분석을 수행하여 합리적이고 선제적인 대응이 가능하도록 하였으며, 해당 결과를 통해 어업인 및 정책 입안자 등 주요 전망정보 수요자들의 의사결정을 지원하고자 하였다.

제2절 연구의 의의 및 제언

1. 본 연구의 의의

본 연구는 수급전망모형 구축 연구와 관련하여 다음과 같은 의의를 가진다. 첫째, 향후 다른 품목의 중장기 수급전망모형 구축 관련 기초연구 자료

로 활용될 수 있다. 수산업관측센터에서는 김, 굴, 양식어류(광어, 우럭, 참돔, 송어)의 중장기 수급전망모형을 구축하였으며, 개편 작업을 수행 중에 있다. 이에 따라 추후 신규 품목의 중장기 수급전망모형 구축 및 기존 품목 모형의 개편 연구를 수행할 때 본 연구를 기초 선행연구 자료로 활용할 수 있다.

둘째, 생물학적 요인을 고려한 비선형 형태의 단수 모형을 구축하였다. 기존 연구에서는 단수 함수 추정시 생물학적 요인을 배제하고 추정하거나, 수온 등의 변수를 단순 선형 형태의 방정식으로 추정하였다. 이러한 경우 수온이 상승하면 할수록 단수는 일정한 방향으로 계속 영향을 받게 되어 현실과는 맞지 않는 결과가 도출된다.

이에 본 연구에서는 전문가 자문 결과 미역의 생장에 가장 영향을 미치는 수온, 영양염류, 조도(일조시간)를 설명변수로 투입하여 단수 함수를 추정하였으며, 비선형 검증을 통해 수온을 2차항으로 투입하여 비선형 형태의 단수 모형을 구축하였다. 해당 모형을 도입함으로써 모형의 현실 반영력 높였으며, 예측력 향상에도 기여하였다.

셋째, 정책시뮬레이션이 가능한 미역 중장기 수급전망모형을 구축하여 대내외 요인이 미역 수급에 미치는 영향에 대한 분석이 가능해졌다. 기존에는 미역 단기예측모형만 구축되어있어 월 단위의 영향력 분석만 가능하였으며, 중장기 전망에 대한 시나리오 분석에는 한계가 있었다.

그러나 중장기 수급전망모형 구축을 통해 수온, 영양염류, 환율 등 다양한 영향 요인별 정책 시나리오 분석이 가능해졌으며, 해당 기능을 활용하여 도출된 전망치는 향후 미역 양식 어업인 및 정책입안자의 의사결정을 위한 기초자료 활용 가능할 것이다.

2. 제언

본 연구에서 현재 도입 가능한 부분을 최대한 반영하여 미역 증장기 수급전망모형을 구축하였음에도 불구하고 몇 가지 한계가 존재한다. 첫째, 수온, 영양염류, 일조시간 등 생물학적 요인을 고려하여 단수 함수를 추정하였으나, 구멍병, 싹녹음 등의 질병 피해, 태풍과 같은 기상 재해는 고려하지 못하였다. 현재 수준에서 이용 가능한 변수들을 최대한 활용하여 생물학적 특성을 반영한 모형을 구축하였으나, 다양한 생물학적 요인이 미역의 생장에 미치는 영향에 대한 연구들이 여전히 부족한 상황이므로 이에 따른 연구의 한계가 존재한다.

둘째, 미역 가격신축성함수 및 도매가격 함수 추정시 탄력성 크기가 기존의 경제 이론과 다른 방향으로 도출되었다. 기존 이론과 달리 미역 산지 가격의 가격신축성이 비탄력적으로 추정되어 가격탄력성이 탄력적으로 도출되었으며, 도매가격 추정에서도 산지가격의 탄력성이 매우 비탄력적으로 도출되어 상호 연계성이 낮은 것으로 나타났다. 이는 미역 산지가격이 가공업체의 협상을 통해 결정되는 점, 미역 도매가격의 경우 높은 가공 비용으로 인해 원재료비 비중이 낮게 형성되는 점 때문에 발생한 문제로 판단된다. 이러한 경우 추가 변수를 고려하여 보완해야 하나, 이용 가능한 통계 자료의 한계로 수행할 수 없었다.

이러한 모형의 한계를 개선하기 위해 다음과 같은 후속 연구가 이루어질 필요가 있다. 첫째, 활용 가능한 생물학적 요인 변수를 지속적으로 탐색·축적해야 하며, 생물학적 요인 외 단수에 영향을 미치는 추가 변수를 고려할 필요가 있다. 본 연구에서 활용한 생물학적 요인 변수 외에 도입 가능한 변수가 있는지, 그 외 고려해야할 변수들에는 어떤 것이 있는지 지속적인 관심을 가져야 할 것이며, 본 연구에서 고려하지 못했던 질병 피해, 기상 재해와 같은 변수를 추가로 도입하여 모형을 개선해야 할 것이다.

이와 함께 향후에는 자연과학 관련 연구기관과의 공동연구를 통해 자연 과학적 측면 및 사회과학적 측면을 모두 고려한 모형을 구축할 수 있도록 해야 할 것이다.

둘째, 미역 산지 및 도매가격 형성에 영향을 미치는 요인에 대한 연구와 함께 관련 기초 통계 DB가 구축되어야 할 것이다. 미역은 산지 단계에서는 원물 형태로 거래되나, 도매 단계에서는 염장, 건조 등의 가공 제품 형태로 거래되므로, 일반적인 농수산물의 산지-도매가격 간의 관계와는 차이가 있다. 미역은 가공 단계가 많아 관련 비용이 높게 형성되면서 도매가격에서 원재료비 비중이 매우 낮게 형성되며, 가공 절차를 거쳐 도매 단계에서 유통되기 때문에 가공업체와의 협상을 통해 산지가격이 형성된다. 이러한 특성에 대해 심화 연구를 진행하여 산지-도매가격 형성에 어떤 요인이 영향을 미치는지 세부적으로 파악할 필요가 있다.

추가적으로 관련 연구를 통해 도출된 영향 요인에 대한 기초 통계 DB를 구축하여 추후 모형에 반영할 수 있도록 해야 할 것이다. 예를 들어 미역 가공 관련 생산비 조사를 통해 가공 원재료비, 인건비, 연료비 등 관련 통계 DB를 구축할 경우, 도매가격 추정시 추가 설명변수로 활용하여 산지가격 탄력성 문제를 보완할 수 있을 것이다.

한편, 본 연구를 통해 구축된 미역 중장기 수급전망모형을 포함하여 수산업관측센터에서 운용 중인 품목별 중장기 수급전망모형은 다음과 같은 운용 및 개편을 통해 고도화 작업을 수행하고자 한다. 먼저 2024년에는 전복 중장기 수급전망모형을 신규 구축하여 수산업관측사업 주요 대상 품목(김, 미역, 굴, 전복, 광어, 우럭, 참돔, 송어)에 대한 중장기 수급전망모형 구축 연구를 완료할 예정이다. 앞서 구축된 다른 품목 모형과 마찬가지로 전복의 수급 특성 및 생물학적 영향 요인을 반영하여 정교한 모형을 구축하고자 한다.

주요 품목의 수급전망모형 구축 연구가 완료된 이후인 2025~2026년에는 기 구축된 8개 품목 모형을 상호 연계하는 작업을 진행하여 최종적으로 ‘양식수산물 중장기 수급전망모형’을 구축하고자 한다. 상호 독립적으로 운용되고 있는 모형을 하나로 통합하여 운용할 수 있도록 구축할 예정이며, 추가적으로 양식어가수, 양식어가소득, 수산양식 부가가치 등 양식업 관련 총량지표 또한 전망될 수 있도록 고려하고자 한다.

2025년에는 기존에 구축된 8개 품목 모형의 구조, 개별방정식 등을 재검토한 후 부분적인 개편 작업을 수행할 예정이다. 이후 2026년에는 해당 모형을 어류, 패류, 해조류 등 부류별 모듈로 연계하거나, 어기 생산 품목 및 연중 생산 품목으로 구분하여 연계하고자 한다.

〈표 5-1〉 품목별 중장기 수급전망모형 운용·개편 로드맵

구분	2024	2025	2026
■ 전복 중장기 수급전망모형 신규 구축			
■ 양식수산물 중장기 수급전망모형 구축			
▶ 기구축 모형 구조 및 개별방정식 검토			
▶ 부류별 또는 연산별 모듈 연계			
■ 김, 굴 생물학적 단수 모형 개편			
■ 생물학적 요인 관련 기초 연구 수행			

자료: 저자 작성

다음으로 2025년에는 김, 굴에 대해서도 생물학적 요인을 반영한 비선형 형태의 단수 모형으로 개편할 예정이다. 미역과 마찬가지로 전문가 자문을 통해 각 품목별 생물학적 영향 요인과 주 영향 시기 등을 파악하고, 관련 통계자료를 수집한 후 비선형 형태의 단수 모형으로 개편하고자 한다. 김과 굴의 경우 미역에 비해 생물학적 영향 관련 연구가 보다 활발하게 이루어지고 있으며, 특히 김은 주산지가 전국에 다수 존재하므로 지역 패널

자료를 수집하기에도 용이하므로 모형 개편이 상대적으로 원활하게 이루어질 것으로 판단된다.

한편, 2024년에는 전복 증장기 수급전망모형 구축 외에도 생물학적 영향 요인에 대한 기초 연구를 수행할 계획이다. 구체적으로 현재 수산물의 생장에 영향을 미치는 생물학적 요인들이 무엇이 있는지 파악하고 어떤 통계 자료들이 현재 구축되어 있는지, 모형 구축에는 어떤 자료들이 더 필요할지 등의 연구를 수행하여 향후 생물학적 요인 변수에 대한 기초자료로 활용할 예정이다. 이러한 연구를 통해 추후에는 자연과학과 사회과학을 연계한 모형을 구축하여 모형의 현실 설명력을 높이하고자 한다.

참고문헌

국내 문헌

- 강경희(2021), 미역의 지역별 양식 특징 및 시사점, 수산물측리뷰, 5(1), pp. 49-63.
- 국립수산물과학원(2018), 미역 양식 표준 매뉴얼, 국립수산물과학원.
- _____ (2022), 2021 한국연안 어장환경 조사연보, 11, 국립수산물과학원.
- _____ (2023), 어장환경 통합 모니터링 운영지침, 국립수산물과학원.
- 김명환 외(2000), 주요 채소·과일의 수급함수 추정, 한국농촌경제연구원.
- 김배성 외(2014), 2014년 수산물 품목별 수급전망모형 개발 사업(품목: 미역, 우럭, 전복, 송어), 제주대학교 산학협력단.
- 김연중 외(2006), 배추 계절별 수급모형 개발, 한국농촌경제연구원.
- 김철현 외(2022), 양식 수산물 중장기 수급전망모형 구축 연구-굴을 중심으로-, 한국 해양수산개발원.
- 김충현 외(2018), 쇠고기이력제 자료를 이용한 한우 수급모형 구축, 농촌경제, 41(3), 한국농촌경제연구원, pp. 25-50.
- 박지연·박영구(2013), 배추무 예측모형 고도화 방안, 한국농촌경제연구원.
- 이용선·심승보(2006), 농업관측 품목모형 KREI-COMO 2005 개발·운용, 한국농촌경제연구원.
- 이헌동·허수진·하현정(2019), 2019년 김 수급 전망모형 운용·개편 연구, 한국해양수산개발원.
- 조재환 외(2014), 2014년 수산물 품목별 수급전망모형 개발 사업(품목: 굴, 김, 팽어),

-
- 부산대학교 산학협력단.
- 조재환·박성경(2017), 2017 주요 수산물 품목별 수급전망모형 유지보수(광어), 부산대학교 산학협력단.
- 조재환·정호중(2016), 2016 주요 수산물 품목별 수급전망모형 유지보수(미역), 부산대학교 산학협력단.
- 조재환·최세현·김배성(2015), 주요 수산물 품목별 수급전망모형 유지보수(전복, 굴, 김), 부산대학교 산학협력단.
- 한국해양수산개발원 수산업관측센터, 미역 수산물관측 월보, 각 월호.
- _____, 전복 수산물관측 월보, 각 월호.
- 한석호·송성환(2021), 2021년 수산물관측 단기 수급예측모형(굴, 미역) 개편 연구용역, 충남대학교 산학협력단.
- 한석호·이금호·장희수(2018), 2018 주요 수산물 품목별 수급 전망모형 유지보수 : 우럭 수급전망모형 개발, 충남대학교 산학협력단.
- 한석호·장희수(2019), 2019 주요 수산물 품목별 수급 전망모형 유지보수 : 전복 수급전망모형 개발, 충남대학교 산학협력단.
- _____(2020), 2020 주요 수산물 품목별 수급 전망모형 유지보수 : 광어 수급전망모형 개발, 충남대학교 산학협력단.
- 한석호 외(2010), 중기선행 관측 기본모형 개발연구, 한국농촌경제연구원.
- 한석호 외(2011), 기상요인을 고려한 단수예측모형 개발 연구, 한국농촌경제연구원.
- 허수진 외(2020), 김 중기 수급전망모형 Gim-MFoS 구축 연구, 한국해양수산개발원.
- 허수진 외(2021), 주요 양식어류 수급전망 고도화를 위한 모형 구축 연구, 한국해양수산개발원.

국외 문헌

- Friedman, M. et al.(1956), Studies in the quantity theory of money, University of Chicago press, pp. 25-117.

- Greene, William H.(2004), Econometric analysis(5th edition), Pearson education.
- Gujarati, D. N. & Porter, D. C.(2008), Basic econometrics (5th edition), McGraw-Hill Irwin.
- Nerlove, M.(1956), Estimates of the elasticities of supply selected agricultural commodities, Journal of farm economics. 38(2), pp. 496-506.

인터넷 자료

- 관세법령정보포털, 국가별 관세율표, <https://unipass.customs.go.kr/>(검색일 : 2023.4.7.)
- 국립해양조사원 바다누리 해양정보 서비스, 조위관측소 수온 통계, <http://www.khoa.go.kr/oceangrid/khoa/intro.do>(검색일: 2023.3.8.)
- 한국해양수산개발원 수산업관측센터, 미역 관측통계, <https://www.foc.re.kr/web/obstats/stats.do?rbsIdx=83>(검색일: 2023.3.10., 2023.8.25.)
- _____, 전복 관측통계, <https://www.foc.re.kr/web/obstats/stats.do?rbsIdx=86>(검색일: 2023.3.10.)
- aT KAMIS, 도·소매가격, <https://www.kamis.or.kr/>(검색일: 2023.3.10.)
- aT KATI, 국가별·HS코드별 수출입량 및 수출입금액, <http://www.kati.net/>(검색일: 2023.3.13.)
- ECOS 한국은행 경제통계시스템, 국민계정, <https://ecos.bok.or.kr/#/Short/a4602e>(검색일: 2023.4.25.)
- _____, 생산자물가조사, <https://ecos.bok.or.kr/#/Short/bf8c18>(검색일: 2023.4.25.)
- _____, 환율, <https://ecos.bok.or.kr/#/Short/494f56>(검색일: 2023.4.25.)
- KOSIS 국가통계포털, 소비자물가조사, https://kosis.kr/statHtml/statHtml.do?orgId=101&tblId=DT_1J20003&conn_path=I2(검색일: 2023.4.25.)
- _____, 어업경영자금소요액조사, <https://kosis.kr/statHtml/statHt>

ml.do?orgId=307&tblId=DT_307002_C004&conn_path=I2(검색일: 2023. 4.25.)

_____, 어업생산동향조사, https://kosis.kr/statHtml/statHtml.do?orgId=101&tblId=DT_1EW0005&conn_path=I2(검색일: 2023.4.25.)

_____, 장래인구추계, https://kosis.kr/statHtml/statHtml.do?orgId=101&tblId=DT_1BPA001&conn_path=I2(검색일: 2023.4.25.)

OECD, 일본 생산자물가지수, <https://data.oecd.org/price/producer-price-indices-ppi.htm>(검색일: 2023.5.19.)

農林水産省, 일본 미역 생산량, <https://www.maff.go.jp/>(검색일: 2023. 5. 19.)

일반사업 2023-09-02

양식수산물 중장기 수급전망모형 구축 -미역을 중심으로

인 쇄 2023년 12월 29일

발 행 2023년 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 애드원플러스(070-4390-3850)

비매품