



양식산 넙치 폐사어의
자원화 방안 기획

Planning for cyclic utilization of aquacultural dead flounder

BSPE99787-12142-7

양식산 넙치 폐사어의 자원화 방안 기획

2019.12.31.

양식산 넙치 폐사어의 자원화 방안 기획

www.kiost.ac.kr



Planning for cyclic utilization of
aquacultural dead flounder

- 주 의 -

1. 이 보고서는 한국해양과학기술원에서 수행한 주요사업의 연구결과보고서입니다.
2. 이 보고서 내용을 발표할 때에는 반드시 한국해양과학기술원에서 수행한 주요사업의 연구결과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 안됩니다

KIOST 한국해양과학기술원



BSPE99787-12142-7

2019.12.31.

양식산 넙치 폐사어의 자원화 방안 기획

www.kiost.ac.kr

Planning for cyclic utilization of
aquacultural dead flounder

제 출 문

한국해양과학기술원장 귀하

본 보고서를 “양식산 넙치 폐사어의 자원화 방안 기획” 과제의 최종
보고서로 제출합니다.

2019. 12. 31.

총괄연구책임자 : 강 도 형

참 여 연 구 원 : 허수진, 오철홍, 박용주,
노충환, 박홍식, 이대원,
최영웅, 장덕희, 김은아
양현성, 김태호, 박아름이,
황규원

보고서 초록

과제고유 번호	PE99787	해당단계 연구기간	2019.05.01- 2019.12.31	단계 구분	
연구과제명	대과제명	양식산 넙치 폐사어의 자원화 방안 기획			
연구책임자	강도형	해당단계 참여연구원수	총 : 13 명 내부: 9 명 외부: 4 명	해당단계 연구비	정부: 101,000 천원 기업: 천원 계 : 천원
		총연구기간 참여연구원수	총 : 명 내부: 명 외부: 명	총 연구비	정부: 101,000 천원 기업: 천원 계 : 천원
연구기관명 및 소속부서명	한국해양과학기술원 제주특성연구센터		참여기업명		
요약(연구결과를 중심으로 개조식 500자 이내)				보고서 면수	154p
<p>○ 양식산 넙치 폐사어의 자원화를 위한 환경 분석</p> <ul style="list-style-type: none"> - 정책동향 및 법·제도 분석 - 국내 가공시설 운영 실태 비교 조사 분석 - 시장 동향, 기술(R&D) 동향 및 전망 분석 - 국내수요자의 공청회를 통한 Needs 분석 <p>○ 양식산 넙치 폐사어의 자원화를 위한 기술 분석 및 경제성 평가</p> <ul style="list-style-type: none"> - 기술가치 도출 - 어분수입 대체 편익(768.2억원), 순현재가치(158.9억원), 편익-비용비율(B/C 1.6), 내부수익율(10.0%) - 생산유발(870억원), 부가가치유발(273억원), 취업유발(633.2명) 효과 <p>○ 신규사업 요약서 및 연구개발 제안요구서 도출</p> <ul style="list-style-type: none"> - 연구개발 추진계획 수립 - 제안요구서(RFP)도출 <ul style="list-style-type: none"> · 우수재활용제품신청 및 인증 · 친환경 Up-cycling 기술개발 · 고차축산사료 개발 · 기능성어분(새우 및 관상어)활용 기술개발 · 고부가 조직재생 신소재 확보 및 활용기술개발 					
색인어 (각 5개 이상)	한 글	양식어류, 폐사어, 자원화, 기획, 법제도			
	영 어	Aquacultured fish, Dead fish, Resources, Project, Legal system			

요 약 문

I. 제 목

양식산 넙치 폐사어의 자원화 방안 기획

II. 연구개발의 목적 및 필요성

1. 연구개발의 최종목표

- 양식장에서 발생하는 폐사어의 효율적인 자원화 방안 제시 및 이를 위한 법제도 개선 검토

“양식어류 부산물을 활용한 고차 활용 산업화 기술개발”



- (전략 1) 자원 재활용이라는 혁신·친환경성 주입과 현안 기반으로 추진
- (전략 2) 사료관리법의 양어사료 관련 근거들이 미약하여 양어사료에 대한 제도개선 또는 분법 필요성 추진
- (자원재순환 분야) 폐사어의 자원화 기술개발 시 사회인식 변화 자료 및 안전성 대응 자료 확보

2. 연구개발의 필요성

가. 기술적 측면

- 양식장 부산물 유래 발효어분을 생사료와 배합하여 식이한 연구에서 성장률, 사료효율 및 면역활성이 높게 나타나 수입에 의존하고 있는 어분 단백질원을 국내에서 공급할 수 있는 가능성을 제시한 바 있음
- 현재 국내의 폐사어 타 용도 처리의 방안은 폐기물 관리법 시행규칙 중 폐기물의 종류별 재활용 가능 유형(제4조의2 제3항 관련)의 “동물사체”로 규정됨
- 폐사어는 사체이지만 매우 양질의 자원(수분 70%, 회분 5%, 단백질 20% 기타 5%)이며, 건조 시 단백질 함량이 60-70% 정도로 자원화 가치가 높음. 관리와 운영의 주체 및 활용 측면에서 얼마든지 고부가가치 자원으로 사용이 가능함
- 또한 현재 국내 어분은 전량 수입하고 있다는 현실에 비추어 볼 때 하루 빨리 폐사어를 자원화하여 부가가치 상승을 유도하고, 민간의 제품화 전략과 더불어 기술 및 경영 여건을 개선할 필요가 요구됨
- 따라서 폐사어의 자원화 물질 생산에 대해서는 무엇보다 사회인식의 변화, 법제도 개선, 기술개발, 위생 안전성 확보 등의 문제를 해결해야 하는 전제조건이 있음

나. 경제·산업적 측면

- 제주넙치 양식산업은 1980년대 시작되어 2000년대 들어 안정적 산업기술 확립과 생산량/수출량이 증가하여 제주도의 중심 산업으로 발전
- 전국적으로 230 ha에 달하고 있으며, 이 중 제주도 양식장 면적은 131.4 ha로서 전국 넙치 면적 대비 57.1%를 점하고 있음
- 최근 고수온, 수질, 밀식, 질병, 사료효율 및 환경문제에 따라 종자(6~8cm, 10g) 입식 후 500g까지 성장하는데 50%가 폐사하고, 성체의 폐사가 대량으로 발생하고 있음

- 그러나 국내의 관련 법제도의 근거가 없어 국내 수요를 충족하지 못하고 있는 실정임
- 따라서 추가 피해 및 기존 폐사어의 신속한 처리가 중요하여 이에 대한 정책·기술적 개선 및 지원 필요(규제 샌드박스 적용 가능)

다. 사회·문화적 측면

- 현재 농·축산업에 의한 식량자원의 증가는 기술개발 및 토지이용의 제한 등으로 인해 정체상태에 있기 때문에 인구 증가와 환경문제 등을 고려할 때 계속해서 증가하는 인류의 단백질 수요를 앞으로 많은 부분 수산업에서 충족해야 할 것임
- 수십 년간 넙치 등 단일어종에 의한 양식산업은 근친교배에 의한 열성화, 밀식, 기후변화로 인한 수온상승 등 각종 질병발생 원인에 의해 폐사율이 증가하고 있어 시장에서 외면될 가능성과 양식산업의 현저한 후퇴를 맞을 수 있으므로 과감한 진단과 혁신을 통해 지속가능한 기술개발 및 선택과 집중 전략이 필요함
- 제주특별자치도의 경우, 폐사어 자원화 방안에 대한 중장기 계획이 도청 차원에서 진행되고 있으나 아직까지 뚜렷한 결과를 도출하지 못하는 상황이므로 이에 대한 전반적 검토 및 미해결 부분에 대한 네트워크 강화를 통해 행정 및 대외전문가를 통한 객관적인 정책 및 기술개발 평가가 필요함

III. 연구개발의 내용 및 범위

- 환경 분석 및 시사점 도출
- 국내 수요자 Needs 분석
- 기술가치 도출
- 연구개발 추진계획 수립
- 연구개발 타당성 및 경제성 분석
- 연구개발 결과의 기대효과·파급효과
- 신규사업 연구개발 제안요구서(RFP)작성

IV. 연구개발결과

1. 환경 분석 및 시사점 도출

가. 환경 분석

- 정책동향 및 법·제도 분석
 - 자원순환기본법령의 제정
 - 수산부산물 재활용·순환자원화 촉진에 관한법률 제정
 - 식품 재활용 순환자원화 촉진에 관한 법률 제정
 - 폐기물관리법령의 개정
 - 양식산업발전법령의 개정·제정
- 국내 가공시설운영 실태 비교 조사 분석
 - 제주도, 전라남도, 경상남도의 어류 양식장 및 폐사어류 실태 조사
- 시장동향 및 전망 분석
 - 비식용어분 : 어분 원료 고갈에 따른 공급부족 현상에 대비하기 위한 단백질 원의 개발이 필요하며, 원재료의 안정적인 조달방안 수립이 필요함
 - 배합사료 : 배합사료 원료의 국산화 및 원료 조달처의 다양화가 필요함
 - 기능성 소재 : 국내의 원천기술 수준이 미비하여 대부분 기술이 국외 기술로 연구 및 사업화 진행에서도 높은 대외 의존도 경향 해소를 위하여 장기적 안목에서의 투자가 필요함
- 기술(R&D)동향 및 전망 분석
 - 어분 : 국내 동물성 단미사료 제조 기술의 우수성을 공식적으로 인증 받고 있으며, 최근 어류 부산물의 불법 유통에 따른 원료 부족으로 생산 자체가 줄어들고 있어 추가 연구개발이 필요함
 - 배합사료 : 고효율 배합사료 품질 개선의 기술개발에 초점을 맞추어야하며 어분에 대한 수요 공급 불균형으로 인한 가격 상승은 어분을 대체할 수 있는 저어분 배합사료 연구개발로 원가 절감이 필요함
 - 기능성 소재 : 폐사어는 단백질원으로 재사용 할 수 있으므로, 폐사어 발효를 통한 양식용 어분 대체원 개발, 유기질 비료개발 등과 같은 연구가 시도되고 있음

나. 환경 분석에 대한 시사점 도출

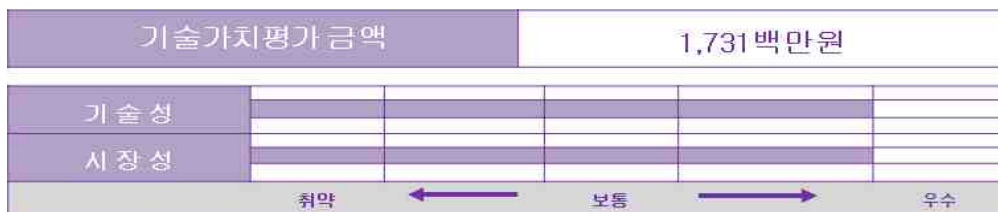
- 양식부산물의 재활용환경성 평가에 따른 재활용승인
- 기능성 사료 및 첨가제 활용
- 고부가가치 의료소재(기기), 의약품, 화장품, 식품 소재 활용
- 2차 양식 등 어류 부산물의 재활용 및 재순환 방안
- 제도개선 방안

2. 국내 수요자 Needs 분석

- 현재의 제주 사료가공 공장능력으로는 폐사어 처리를 전체 수용할 수 없음
- 폐사된 광어는 안전성 확보와 표준화 문제가 있어 이를 잘 고려해야함
- 현재 제주 현안 문제를 해결 후 고차 이용방법 연구를 진행해야함
- 폐사어를 활용한 사료 개발 연구를 시행해야 함
- 폐사된 광어는 양식용이 아닌 축산 및 소재원료 등 다른 용도로 활용해야 사업의 성공률이 높음
- 기획 후 본 사업은 경영분석이 우선순위로 진행되어야 상용화 가능

3. 기술가치 도출

- 기술수명주기상 발전 단계에 있는 기술임



주요 변수 산정내역	추정치
기술의 경제적 수명	9년
할인율	6.94%
산업기술요소	51.75%
개별기술강도	61.00%
기술기여도	31.57%

4. 연구개발 추진계획 수립

가. 연구목표 및 내용 설정

- 최종목표
 - 양식어류 부산물(폐사어 등)을 활용한 고차 활용 자원화를 위한 재활용 융합 소재 기술개발, 우수재활용 제품 승인 및 실용화
- 연구내용
 - 우수재활용제품 신청 및 인증 및 법제도 개선 추진
 - 고부가가치 양식 산업 소재 개발
 - 고차 축산사료 개발
 - 기능성 어분(새우 및 관상어) 활용 기술 개발
 - 의공학 융합형 신소재 확보 및 활용 기술 개발
 - 양식어류 부산물의 2차 재순환 기술 개발

나. 연구개발 추진계획 수립

- 추진체계



○ 기술개발 로드맵



5. 연구개발 타당성 및 경제성 분석

가. 연구개발 타당성 분석

○ 정책적 타당성 분석

- 해양수산 R&D 관련 국정과제 중 84. 깨끗한 바다, 풍요로운 어장 (질 좋고 안전한 수산물 생산·공급체계 구축)과 관련됨
- 해양수산과학기술 육성 기본계획 ('18~'22)의 추진 전략에 부합하는 연구 개발이며, 상위 유관 정책으로서 제4차 과학기술기본계획(12-4) 중 수산식품가공 및 수산식품안전 등에 연계됨
- 해양수산부, 제1차 해양수산생명자원 관리기본계획 ('19~'23)의 생명자원 확보 국제경쟁 강화 추세에 대응하여 자원확보를 강화하는 한편 활용가치가 높은 자원의 체계적 관리 및 개발을 통한 해양바이오 활성화 기반 마련과 관련됨

○ 기술적 타당성 분석

- 어류의 육질, 뼈, 껍질로부터 오일, 단백질을 추출하는 기술이 개발되어 있고, 특히 콜라겐을 정제하여 추출하는 기술이 개발 완성도가 높은 것으로 분석됨
- 폐사어 자원화의 다양화 가능성을 의미하며 보다 다양한 산업분야에서의 응용 및 시장성을 확장 할 수 있을 것으로 분석됨

- 양식부산물 활용을 위한 유용 자원화
- 친환경·기능성을 함유한 고부가가치 사료원 개발
- 양식부산물 유래 유용자원의 기초연구 및 의약학적 가치를 평가함으로써 해양바이오 신소재 개발
- 양식부산물 유래 의료생체적합소재가 보유한 효능에 대한 연구결과는 관련 건강기능성 및 의약 신소재 개발을 위한 연계 기술 개발과 생물공정 등 산업화 응용을 위한 선행결과로 활용
- 기존 바이오메디컬 산업이 안고 있는 주요 난점인 원천소재 및 기술 부재에 대한 해결방안 제시

나. 연구개발 경제성 분석

○ 경제적 분석 결과

- 어분수입 대체 편익 768.2억 원, 편익-비용비율은 1.60으로서 본 연구개발사업은 경제적으로 타당한 것으로 분석
- 내부수익율은 10.0%이며, 순현재가치는 158.9억 원인 것으로 분석
- 폐사어 자원화 사업의 총 연구비 (140억 원)로 인해 발생하는 생산유발효과는 870억 원, 부가가치 유발효과는 273억 원, 취업유발효과는 총 633.2명에 달하는 것으로 분석됨

	자기 산업 효과	타 산업 효과	총 효과
	↓	↓	↓
생산유발효과 (단위 : 억원)	1.0000 320	1.7198 550	2.7198 870
부가가치유발효과 (단위 : 억원)	0.2454 79	0.6082 195	0.8536 273
취업유발효과 (단위 : 명/10억원당)	8.9945 345.4	10.7918 287.8	19.7863 633.2

6. 연구개발 결과의 기대효과·파급효과

가. 연구개발 결과의 기대효과

- 기술적 기대효과
 - 양식산 폐사어의 처리와 관련된 관련 산업들의 동반 성장
 - 양식산 부산물과 관련된 바이오소재 산업과의 연계가 가능
 - 폐자원의 자원화 제도 원천기술 개발을 통한 국가 과학기술 경쟁력 확보
- 정책적 기대효과
 - 제1차 해양수산과학기술육성 기본계획(2018~2022), 신산업 창출 견인
 - 제1차 수산업어촌 발전 기본계획(2016~2020, 5개년)의 양식산업 제도개선에 따른 혁신 및 첨단화 의지 피력
 - 폐기물관리법('16.07.19 시행)으로 구분된 재활용환경성평가 기준 활용
 - 자원순환기본법('18.01.01 시행), 폐기물 재활용으로 관련 산업 활성화
 - 폐기물 자원재순환에 따른 정부 피해보상 투자 예산의 대폭 절감

나. 연구개발 결과의 파급효과

- 기술적 파급효과
 - 양식부산물을 활용함으로써 미이용 자원의 효율적 활용을 위한 재순환용용기술 개발
 - 양식부산물을 활용하여 국가 전략 양식종인 넙치양식이 당면한 국내외 현안 극복을 위한 신규 부가가치를 창출하며 수산양식업 활성화에 기여
 - 양식부산물 가공기술의 발전을 통한 환경관리 기술로 발전 가능
- 사회적 파급효과
 - 양식부산물이 단순 폐기물이 아닌 고부가가치 제품 활용 가능에 대한 국민인식 제고
 - 양식부산물 처리 기술개발을 통하여 기존처리과정 중 발생하던 환경오염, 악취 주변경관 저해 등과 같은 문제점 해결로 지역갈등 개선
 - 수산양식업 전환을 통하여 양식부산물 및 배합사료 활용에 대한 어민인식 및 청정 해양수산국가 이미지 제고

○ 경제적 파급효과

- 수입원료 대체 효과 및 수출기반 산업으로 성장 가능
- 양식부산물 자원화를 통한 순환시스템 구축에 따른 경영비용 감소
- 양식부산물의 친환경적 신규 인프라 구축 및 안전한 수산물 생산을 통하여 국가 공중보건 향상에 이바지

7. 신규사업 연구개발 제안요구서 (RFP) 작성

연구 목 표	<ul style="list-style-type: none"> ○ 양식어류 부산물의 우수재활용제품 인증을 통한 고차 활용 산업화 기술개발 ○ 양식 생산성 향상 기능성 첨가제 개발 ○ 고부가가치 축산사료 개발 ○ 기능성어분(새우 및 관상어) 활용기술 개발 ○ 의공학 융합형 신소재 확보 및 활용 기술 개발 ○ 양식어류 부산물의 2차 재순환 기술개발 ○ 양식어류 부산물의 우수재활용제품 사용을 위한 법제도 개선 검토
연구 내 용	<ul style="list-style-type: none"> ○ 양식어류 부산물을 이용한 고부가가치 양식 산업소재 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 양식부산물의 이화학적 특성 및 주요성분 분석 - 양식부산물의 기능성 확인 및 경제성 검토 - 양식 산업에서 활용될 수 있는 내분비 제어 첨가제 개발 - 경제성 검토 및 산업적 공정개발 - 기술이전 ○ 양식어류 부산물을 활용한 고부가가치 축산사료 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 양식부산물로부터 발효어분 제조 - 양식부산물 유래 발효어분의 저분자화에 의한 고부가가치 사료 제조 - 양식부산물 유래 발효어분의 축산사료 효능 연구 - 양식부산물 유래 저분자발효어분의 영양적 기능적 축산사료 첨가제 효능 연구 ○ 양식어류 부산물의 새우 및 관상어 배합사료용 어분소재 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 양식부산물 유래 어분의 위험도 분석 및 표준화 - 기능성 향상을 위한 고부가가치 천연색소 생산 해양미생물 선발 및 자원화 - 새우 및 관상어종에 현장적용을 통한 사료 효율 및 기능성 평가 - 시제품 최적화 및 기술이전 ○ 양식어류 부산물 유래 생체적합성 확보 및 활용 기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 양식부산물 유래의 생체적합성 소재 확보 - 2D, 3D type별 약물전달용 의료기기 및 물리·화학적 특성 분석을 통한 조직 재생용 의료기기 개발

	<ul style="list-style-type: none"> - 조직재생용 의료기기 <i>in vitro/in vivo</i> 효능 검토 - 의료기기 시제품 제작 및 생물학적 안전성 자료 확보 - 경제성 검토 및 기술이전 ○ 양식어류 부산물의 2차 재순환 기술개발 <ul style="list-style-type: none"> - 기능성 성분 추출 및 기능성 확인을 통한 활용가능분야 도출 - 부산물 활용 천연칼슘, 인 등의 유기질 자원 재생산 기술 개발 - 경제성 검토 및 산업적 공정개발 ○ 양식어류 부산물 활용을 위한 법제도 개선 검토 <ul style="list-style-type: none"> - 정책동향분석 - 재활용환경성 평가자료(재활용 인증서) 승인 - 법제도 개선 또는 독립법안 추진 																																
<p style="text-align: center;">성 과 지 표</p>	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 30%;">성과지표</th> <th style="width: 20%;">목표치</th> <th style="width: 50%;">비고 (설정근거, 평가기준 등)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>재활용환경성평가 승인</td> <td>1건 이상</td> <td>재활용 승인서</td> </tr> <tr> <td>법제도 개선 근거자료 도출</td> <td>1건 이상</td> <td>법제도 개선 제안서</td> </tr> <tr> <td>안전성 평가</td> <td>4건 이상</td> <td>안전성 평가서</td> </tr> <tr> <td>원료 규격화</td> <td>2건 이상</td> <td>원료 규격서(미생물, 중금속함량, 지표성분/효능 성분)</td> </tr> <tr> <td>우수재활용 제품 승인</td> <td>3건 이상</td> <td>시제품 제작 및 성능평가</td> </tr> <tr> <td>기술이전</td> <td>4건 이상</td> <td>기술이전 완료 유무</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">특허 출원 및 등록</td> <td>15/10건 이상</td> <td>국내 특허출원 및 등록증</td> </tr> <tr> <td>4/2건 이상</td> <td>국외특허출원 및 등록증</td> </tr> <tr> <td>국제논문/국내논문</td> <td>30/5건 이상</td> <td>논문 게재 완료</td> </tr> <tr> <td>인력양성</td> <td>20명 이상</td> <td>학위별 인력양성 배출</td> </tr> </tbody> </table>	성과지표	목표치	비고 (설정근거, 평가기준 등)	재활용환경성평가 승인	1건 이상	재활용 승인서	법제도 개선 근거자료 도출	1건 이상	법제도 개선 제안서	안전성 평가	4건 이상	안전성 평가서	원료 규격화	2건 이상	원료 규격서(미생물, 중금속함량, 지표성분/효능 성분)	우수재활용 제품 승인	3건 이상	시제품 제작 및 성능평가	기술이전	4건 이상	기술이전 완료 유무	특허 출원 및 등록	15/10건 이상	국내 특허출원 및 등록증	4/2건 이상	국외특허출원 및 등록증	국제논문/국내논문	30/5건 이상	논문 게재 완료	인력양성	20명 이상	학위별 인력양성 배출
성과지표	목표치	비고 (설정근거, 평가기준 등)																															
재활용환경성평가 승인	1건 이상	재활용 승인서																															
법제도 개선 근거자료 도출	1건 이상	법제도 개선 제안서																															
안전성 평가	4건 이상	안전성 평가서																															
원료 규격화	2건 이상	원료 규격서(미생물, 중금속함량, 지표성분/효능 성분)																															
우수재활용 제품 승인	3건 이상	시제품 제작 및 성능평가																															
기술이전	4건 이상	기술이전 완료 유무																															
특허 출원 및 등록	15/10건 이상	국내 특허출원 및 등록증																															
	4/2건 이상	국외특허출원 및 등록증																															
국제논문/국내논문	30/5건 이상	논문 게재 완료																															
인력양성	20명 이상	학위별 인력양성 배출																															
<p style="text-align: center;">지 원 조 건</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ (연구내용) <ul style="list-style-type: none"> - 연구 내용관련 연구 경력자 (기존 유사/선행연구 제시) - 원료/소재 대량 확보 가능성 제시 ○ (제품수준) <ul style="list-style-type: none"> - 개발제품의 목표 : 축산사료 단백질 첨가제 (저분자펩타이드)로 분자량 10 KDa 이하 20% 이상, 활성산소소거능 80% 이상, 염증억제활성 70% 이상의 특성을 갖는 주로 어린축산동물 사료첨가제 - 양질 단백질 공급원인 일반어분 및 곤충사료 가격 (2000원/1kg 내외)과 가격 경쟁력 확보 ○ (기술보급) <ul style="list-style-type: none"> - 실증지역 및 관련기관, 어업인 등과 협업체계 구축 및 보급화 계획 제시 																																

V. 연구개발결과의 활용계획

- 친환경 양식산업에 대한 국가차원의 모델 개발과 국가적 추진사업에 대한 선도 모델구현
- 폐자원의 순환 생태계구축
- 부산물을 폐자원으로 인지하는 사회적 인식 전환
- 관련 법령 개정으로 인한 국내 수산양식업의 경쟁력 극대
- 양식부산물 활용을 위한 유용 자원화
- 친환경·기능성을 함유한 고부가가치 사료원 개발
- 양식부산물 유래 유용자원의 기초연구 및 의약학적 가치를 평가함으로써 해양 바이오 신소재 개발
- 양식부산물 유래 의료생체적합소재가 보유한 효능에 대한 연구결과는 관련 건강기능성 및 의약 신소재 개발을 위한 연계 기술 개발과 생물공정 등 산업화 응용을 위한 선행결과로 활용
- 기존 바이오메디컬 산업이 안고 있는 주요 난점인 원천소재 및 기술 부재에 대한 해결방안 제시
- 해양수산자원의 첨단화는 융합형 국가산업 및 과학기술 경쟁력확보에 일익을 담당
- 해양유래 소재를 다양한 산업소재 활용으로 인한 시장점유율 증가로 해양산업 국가 위상 제고



SUMMARY 및 KEYWORDS

I. Title

Planning for cyclic utilization of aquacultural waste resources including dead flounder

II. Purpose and Necessity of the Research

- Purpose of the research
 - Suggestion on the efficient cyclic utilization of aquacultural dead flounder and review of legal system improvement
- Necessity of the research
 - *Olive Flounder* (*Paralichthys olivaceus*) is the flagship species of South Korea's aquaculture industry. South Korea is the world's largest producer and exporter of the species. Specifically, more than half of the national production comes from Jeju Island.
 - However, every year, about 30% of harvest lost report due to the mortality of *O. Flounder* because of natural disaster, accident, and disease.
 - *O. Flounder* has high quality resources the "collagen rich" texture of the flesh, which is "high-protein and low in fat" (moisture 70%, ash 5%, protein 20%, and the others 5%).
 - As well as, a aquacultural dead flounder has protein contents of 60-70% of protein form its dry weight. Therefore, it can be used as a value-added resources in marine industry.
 - Therefore the utilization of aquacultural waste resources including dead flounder is a very valuable and useful research approach in marine industry.
 - However, aquacultural dead flounders cannot currently be used in marine industry because it is designated as "waste" in Wastes Control Act in Korea.
 - In this study, we will push ahead with the review of legal system improvement in order to use aquacultural dead flounders.

- Currently, all domestic fish meals are imported. Therefore, we should continue to promote the study such as high value-added industries for utilization of aquacultural dead flounders.
- Utilization of aquacultural dead flounder has an essential precondition such as change of social awareness, legal system improvement, technical development, and safety assurance

III. Representative of Results

- Environmental analysis and dedication of implication
 - Enactment and amendment about the Framework Act on Resources Circulation (FRC) and the Wastes Control Act, etc.
- Analysis of consumer needs in domestic
 - The Jeju fish feed production plant cannot process all aquacultural dead flounder.
 - The importance of safety and standardization in aquacultural dead flounder.
 - Development of high-quality industrial materials using aquacultural dead flounder such as livestock feed.
- Analysis of value of technique
 - The estimation of technology value amount : 1,731 million won
- Analysis of project logicity and economic feasibility
 - The cost-benefits of the alternative to imported fish meal : 768.2 billion won
 - Net present value : 158.9 billion won
 - Benefit-Cost ration : 1.6
 - Internal rate of return : 10%
 - Production Inducement : 870 billion won
 - Value-added Inducement : 273 billion won
 - Employment Inducement : 633.2 peoples.
- Establishment of request for proposal (RFP) of new project
 - Application of Good Recycled product (GR) and certification
 - Development of being eco-friendly up-cycling technology
 - Development of high-quality livestock feed
 - Development of aquaculture functional fish meal (shrimp and aquarium fish)
 - Discovery of high-quality tissue regeneration new materials and application development technology

IV. Plans for Utilization

- Application development technologies for waste resources due to approval of Good Recycled product.
- Development of new marine biological materials using aquaculture by-products.
- Conversion of social awareness about recognised by-products as waste resources.
- Recycling of waste resources.
- Development of the eco-friendly and functional high-quality livestock feed.

(KEYWORDS : Aquaculture, flounder, Dead fish, Resources, Project, Legal system)

목 차

제1장 서론	1
1절. 연구개발 목표 및 내용	3
1. 연구개발 최종 목표	3
2절. 연구개발의 필요성	3
1. 기술적 측면	3
2. 경제·산업적 측면	5
3. 사회·문화적 측면	6
제2장 국내외기술개발	9
1절. 환경 분석	11
1. 정책동향 및 법·제도 분석	11
2. 국내 가공시설 운영 실태 비교 조사 분석	32
3. 시장 동향 및 전망 분석	33
4. 기술(R&D)동향 및 전망 분석	39
2절. 환경분석에 대한 시사점 도출	55
1. 환경분석에 대한 종합 시사점 도출	55
제3장 연구개발수행 내용 및 결과	57
1절. 공청회를 통한 Needs 분석	59
1. 국내수요자(민·관·산·학계를 모두 포함)의 공청회를 통한 Needs 분석	59
2절. 기술가치 도출	60
1. 기술가치 도출 분석	60
3절. 연구목표 및 내용 도출	62
1. 연구개발 최종목표 및 최종성과물 제시	62

목 차

4절. 연구개발 추진계획 수립	64
1. 추진 전략	64
2. 기술개발 로드맵	65
3. 추진체계	65
4. 소요예산, 연구기간, 소요인력 제시	66
5절. 연구개발 타당성분석	66
1. 정책적 타당성 분석	66
2. 정책적 타당성 분석의 근거자료	72
6절. 경제성 분석 및 파급효과 분석	79
1. 경제성 분석 결과	79
2. 민감도 분석 결과	80
3. 산업간 연쇄효과 분석 결과	80
4. 수요유도형 모형을 이용한 파급효과 분석 결과	81
5. 경제적 파급효과 종합 결과	83
6. 경제적 타당성 분석의 근거자료	83
7. 경제적 파급효과 분석의 근거자료	100
7절. 연구개발 결과의 정성적 기대효과·파급효과	113
1. 기대효과	113
2. 파급효과	114

제4장 연구개발 목표 달성도 및 대외기여도

117

1절. 연구개발 목표 달성도	119
1. 연구목표 대비 달성 내용	119
2. 달성된 연구목표의 질적 완성도	120
2절. 대외기여도	121

제5장 연구개발의 활용계획	123
1절. 연구결과의 활용성	125
1. 신규사업 요약서	125
2. 연구개발 제안요구서(RFP)	127
3. 신규사업 체크리스트	129
2절. 연구결과의 기대효과	130
1. 기술적 기대효과	130
2. 경제적 기대효과	130
3. 사회적 기대효과	130
3절. 연구결과의 공공적 파급효과	131
1. 기술적 기대효과	131
2. 경제적 파급효과	131
3. 사회적 파급효과	131

표 목 차

〈표 2-1〉 폐기물관리법령상 폐기물의 분류	12
〈표 2-2〉 폐기물관리법시행규칙 별표4의 폐기물의 종류별 세부분류	13
〈표 2-3〉 시행규칙 별표4의3의 폐기물 종류(사업장 폐기물)별 재활용 가능유형	14
〈표 2-4〉 시행규칙 별표4의3의 폐기물 종류(생활폐기물)별 재활용 가능유형	14
〈표 2-5〉 양식 등 어류부산물과 2차 부산물의 시행규칙(별표4의2의 재활용 유형 해당 내용)	15
〈표 2-6〉 재활용환경성평가 관련 법령의 내용	18
〈표 2-7〉 기능성 사료 및 첨가제 활용 관련 법령의 내용	20
〈표 2-8〉 순환자원과 관련한 자원순환기본법령의 내용	22
〈표 2-9〉 EU의 폐기물 종료 기준	25
〈표 2-10〉 양식산업발전법 관련 내용	29
〈표 2-11〉 양축용 배합사료 설비	43
〈표 2-12〉 익스트루더의 1축(스크류)형과 2축형 비교	45
〈표 2-13〉 사료 검정 기관 지정 현황	49
〈표 2-14〉 사료 내 혼합가능 동물용 의약품의 종류 및 허용기준	50
〈표 2-15〉 건강기능식품의 기능성 분류	53
〈표 3-1〉 기술과 관련성이 높은 유관특허 및 유관기술 선별	69
〈표 3-2〉 정부 100대 국정과제	74
〈표 3-3〉 제1차 수산업어촌 발전 기본계획('17)	78
〈표 3-4〉 경제성분석 요약	79
〈표 3-5〉 민감도 분석 결과	80
〈표 3-6〉 경제적 파급효과 분석	82
〈표 3-7〉 경제학적 접근법 구분	84
〈표 3-8〉 연구개발활동 파급분류와 예비타당성조사 반영 여부	86
〈표 3-9〉 예비타당성조사 편익 반영 항목	88

표 목 차

〈표 3-10〉 예비타당성조사시 기준선 분석 준수 원칙	90
〈표 3-11〉 어분 수입 현황	92
〈표 3-12〉 편익 항목 개요	94
〈표 3-13〉 기술분야별 사업화 성공률	96
〈표 3-14〉 어분수입 대체 편익	97
〈표 3-15〉 경제성 분석 기법	98
〈표 3-16〉 산업연관표 구조	102
〈표 3-17〉 폐사어 자원화 사업 구성	110
〈표 3-18〉 재분류 산업연관표	110
〈표 3-19〉 감응도 계수 및 영향력 계수	112

그림 목 차

[그림 2-1] 비식용 어분 국내 시장규모	34
[그림 2-2] 국내 배합사료 시장규모	35
[그림 2-3] 주요 분류별 배합사료 비중	35
[그림 2-4] 주요 분류별 시장규모 변화	35
[그림 2-5] 바이오 활성 소재 주요 품목 시장 현황	38
[그림 2-6] 어분과 어유의 제조 공정	40
[그림 2-7] 생사료, 배합사료의 비교	42
[그림 2-8] 배합사료 제조공정	44
[그림 3-1] 사업가치 및 기술가치 평가 절차	61
[그림 3-2] 기술가치평가 결과 요약	62
[그림 3-3] 제4차 과학기술기본계획 전략 및 중점 추진과제	76
[그림 3-4] 연구개발사업의 편익 추정 장애요소	87
[그림 3-5] 연구개발사업 경제성 분석 프로세스	91
[그림 3-6] 글로벌 재생의료시장 규모 및 전망	93

제1장 서론



제1장

서론

1절. 연구개발 목표 및 내용

1. 연구개발 최종 목표

- 양식장에서 발생하는 폐사어의 효율적인 자원화 방안 제시 및 이를 위한 법제도 개선 검토
 - 정책동향 및 법·제도, 시장 동향 등 환경분석 결과를 통해 필요성 및 추진 방향 제시
 - 연구개발 목표 달성을 위한 연구내용과 연구범위 설정 및 최종성과물 제시
 - 연구개발 추진계획 수립(추진전략, 기술개발 로드맵(TRM), 추진체계 제시)
 - 예산(정부, 지자체, 민간), 추진일정 등을 포함한 상세 계획 제시
 - 연구개발 타당성분석(정책, 기술적 타당성)
 - 연구개발 결과의 기대효과 도출 및 연구개발 제안요구서(RFP) 도출

2절. 연구개발의 필요성

1. 기술적 측면

- 양식장 부산물 유래 발효어분을 생사료와 배합하여 식이한 연구에서 성장률, 사료효율 및 면역활성이 높게 나타나 수입에 의존하고 있는 어분 단백질원을 국내에서 공급할 수 있는 가능성을 제시한 바 있음(전유진 등, 2006)
 - 양식장 부산물 유래 어분 단백질원을 실제 양식에 활용하여 경제적인 가치 제시
- 현재 국내의 폐사어 타 용도 처리의 방안은 폐기물 관리법 시행규칙 중 폐기물의 종류별 재활용 가능 유형(제4조의2 제3항 관련)의 “동물사체”로 규정됨
- 현재 폐사어의 처리는 보편적으로 유기질 비료로서 생산하여 이용하고 있음. 제주해수어류양식수협이 지난 2005년 8월에 국고보조 2억원과 지방비 보조 2억

원, 자부담 9억 5,400만원 등 총 사업비 13억 5,400만원을 들여 한림읍 상대리에 7,127㎡의 부지에 1,365㎡ 규모로 유기질 비료화 및 어분가송 공장을 준공하여 현재 가동중에 있음

- 전라남도 완도군은 2008년 9월에 완도군 완도읍 농공단지 전남서부어류양식수협 내에 1천 114 ㎡ 규모의 ‘폐사어 유기질 비료화 공장’ 을 준공하여 본격적인 운영에 들어감 이 공장은 10억원을 들여 1일 10톤, 연간 3천톤의 폐사어를 처리할 수 있는 규모임
- 청정지역 육상양식장에서 발생한 폐사 및 비상품넘치만을 원료로 가공하였기 때문에 유해성분이 전혀 포함되지 않음
 - 어류전체를 그대로 가공하여 생산하였기 때문에 어류의 영양성분이 그대로 비료에 포함되어 있어 과수 및 작물의 생육에 크게 효과가 있다고 보고됨
 - 질소(7% 이상) 및 인산(3% 이상)성분 유효함량이 높아 어분대체 비료로 사용시 효능이 우수하고 여기에 골분이나 식물박을 추가로 첨가하여 성분을 조절하면 어떠한 작물에도 연중 효과를 볼 수 있음
- 폐사어는 사체이지만 매우 양질의 자원(수분 70%, 회분 5%, 단백질 20% 기타 5%)이며, 건조 시 단백질 함량이 60-70% 정도로 자원화 가치가 높음. 관리와 운영의 주체 및 활용 측면에서 얼마든지 고부가가치 자원으로 사용이 가능함
- 또한 현재 국내 어분은 전량 수입하고 있다는 현실에 비추어 볼 때 하루 빨리 폐사어를 자원화하여 부가가치 상승을 유도하고, 민간의 제품화 전략과 더불어 기술 및 경영 여건을 개선할 필요가 요구됨
- 따라서 폐사어의 자원화 물질 생산에 대해서는 무엇보다 사회인식의 변화, 법제도 개선, 기술개발, 위생 안전성 확보 등의 문제를 해결해야 하는 전제조건이 있음
- 과거 철강산업에서 재활용 기술이 없어 슬래그를 쓰레기로 버리는 과거 제도를 개선하여 2000년대 초반부터는 슬래그 활용 분야가 다양해져 바다숲 조성 분야까지 확대된 예로 판단한 경우와 유사하므로 제도 개선이 필요한 실정임
- 현재 아래 유형으로 용도 처리할 수 있으나, 확대 자원화를 위해서 법제도 개선 필요

가공방법	처리시간 (30톤 처리 시)	수익성	판로 확보	비 고
액 비	30일 이상	낮음	어려움	대용량저장시설필요
비 료	24시간	낮음	어려움	악취발생시간증가
어 분	8시간	높음	원활함	국내 수요가 관건

- 특히 폐사어를 이용한 자원화의 다양한 기술개발을 위한 “동물사체 재활용 가능성유형” 확대를 위한 제도 개선 및 기술개발이 시급함

2. 경제·산업적 측면

- 제주넙치 양식산업은 1980년대 시작되어 2000년대 들어 안정적 산업기술 확립과 생산량/수출량이 증가하여 제주도의 중심 산업으로 발전
- 전국 제1의 넙치 사업장 면적
 - 전국적으로 230 ha에 달하고 있으며, 이 중 제주도 양식장 면적은 131.4 ha로서 전국 넙치 면적 대비 57.1%를 점하고 있음
- ‘17년 양식넙치는 연간 41,207톤으로 약 584,500백만원으로 ’16년 대비 9.4% 증가함(2017년 양식어업 생산량)
 - 이 중 제주산 넙치는 약 66%인 26,368톤을 생산하고, 95%의 수출량에 달함
- 최근 고수온, 수질, 밀식, 질병, 사료효율 및 환경문제에 따라 종자(6~8cm, 10g) 입식 후 500g까지 성장하는데 50%가 폐사하고, 성체의 폐사가 대량으로 발생하고 있음

	‘14	‘15	‘16	‘17	‘18
생산량(톤)	23,442	24,515	23,843	22,406	22,325
폐사량(톤)	8,157	7,057	8,853	8,643	9,251
폐사율(%)	34.8	28.8	37.1	38.6	41.4

- 폐사된 양식광어의 처리현황을 보면 총 수거량(9,251톤) 중 가공하여 생산하는 1,945톤의 어분을 동남아시아로 수출하고 있음

판매수익 외	사업비용	손익	비고
2,725,864천원	2,130,436천원	595,428천원	

- 상기 표는 용도별(어분 등) 처리비용, 판매비용 및 손익을 나타냄
- 그러나 국내의 관련 법제도의 근거가 없어 국내 수요를 충족하지 못하고 있는 실정임
 - 폐사어는 대부분이 어병 세균성 질환에 의하여 야기되어 죽게 되는 것 때문에 이미지가 나빠져 낮은 활용가치 있는 것도 사실임

- 넙치 치사율이 높은 연쇄구균증 원인균, 에드워드증 원인균, 활주세균증 원인균 및 비브리오균에 대한 사멸 결과 등을 공시하여 가공과정의 투명성을 제고하는 방법으로 활용 가능성을 높일 수 있는 방법을 찾아야 함
- 또한 국내에서는 양식 어류를 위한 어분 생산이 전혀 이루어지고 있지 않아 어분 대체원은 국가의 경제적인 측면에서도 반드시 필요함
- 그러나 현 폐사광어 처리의 문제점은 법제도 및 기술 측면에서 한계에 봉착해 있음
 - 청정 제주지역에서의 타 지역(공장입지지역)보다 엄격한 환경(대기, 수질 및 악취) 관련법 기준 적용으로 현재 월 300톤의 폐사어 가공과정 중 발생하는 어즙 탈리액(이하 탈리액)은 제주도내 업체 1개소에서 월 160톤 수준에서 처리하고 있으나, 물량 대비 턱없이 부족한 실정임
 - 8월~11월에 편중되는 폐사어 처리로 인한 공장가동 과부하 및 악취 등 민원의 집중 발생으로 인해 공장가동을 저하
- 따라서 추가 피해 및 기존 폐사어의 신속한 처리가 중요하여 이에 대한 정책·기술적 개선 및 지원 필요(규제 샌드박스 적용 가능)

3. 사회·문화적 측면

- 현재 농·축산업에 의한 식량자원의 증가는 기술개발 및 토지이용의 제한 등으로 인해 정체상태에 있기 때문에 인구 증가와 환경문제 등을 고려할 때 계속해서 증가하는 인류의 단백질 수요를 앞으로 많은 부분 수산업에서 충당해야 할 것임
 - FAO 통계에 의하면 식량자원으로서의 수산물은 육상가축동물의 약 11%를 차지함
- 최근의 FTA의 경향 등을 고려할 때 소비자의 안전한 먹거리 요구에 부응하지 못하는 생산자는 시장에서 점점 격리되는 결과를 초래하게 되었음
- 농산물의 경우 이러한 추세에 맞춰 이미 친환경농업에 대한 지침과 각종 농자재를 통해 생산현장에 공급하고 있으며 생산된 상품들은 소비자들의 좋은 반응을 이끌어 냄
- 한편, 수산업에 의한 어류의 공급은 기후변화, 남획 등 자원변동에 의해 지속적이고 안정적인 공급이 가능한 양식산업 비중 증가 추세가 확연하고, 자연산에 비해 안전하게 생산할 수 있는 양식산 어류가 오히려 소비자에게 더 큰 호응을 받고 있음

- 그러나 수십 년간 넘치 등 단일어종에 의한 양식산업은 근친교배에 의한 열성화, 밀식, 기후변화로 인한 수온상승 등 각종 질병발생 원인에 의해 폐사율이 증가하고 있어 시장에서 외면될 가능성과 양식산업의 현저한 후퇴를 맞을 수 있으므로 과감한 진단과 혁신을 통해 지속가능한 기술개발 및 선택과 집중 전략이 필요함
- 제주특별자치도의 경우, 폐사어 자원화 방안에 대한 중장기 계획이 도청 차원에서 진행되고 있으나 아직까지 뚜렷한 결과를 도출하지 못하는 상황이므로 이에 대한 전반적 검토 및 미해결 부분에 대한 네트워크 강화를 통해 행정 및 대외전문가를 통한 객관적인 정책 및 기술개발 평가가 필요함

제2장 국내외기술개발



제2장

국내외기술개발

1절. 환경 분석

1. 정책동향 및 법·제도 분석

가. 제도개선 연구 배경

- 태풍, 적조, 수온 상승 등의 요인에 의해 양식폐사어 등 어류부산물(魚類 부산物)이 급증하고 있으나 이를 활용하는 것은 어분제조 등에 한정되어 있고 **고부가치 재활용·순환자원화**와는 거리가 멀며 2차 부산물의 처리난이 가중되는 등 산업현장에서의 문제해결 요구가 점점 더 거세지고 있음
- 해양생체소재는 우수한 생물학적 안전성과 기능성을 통해 최적화된 의료소재로 활용이 가능하며, 해양선진국을 중심으로 해양수산생명자원을 활용한 기능성 식품, 의약품 및 의료소재 등의 고부가가치 기술개발 및 상용화에 국가적 차원에서 적극 추진 중임
- 넙치를 비롯한 양식 등 어류부산물에서도 생체적합성 소재들인 콜라겐, 젤라틴, 하이드록시아파타이트, 히알루론산은 의약품, 식품, 화장품, 의공학 소재로 사용되어 꾸준한 성장을 할 것으로 판단되고 있음
- 또한 양식 등 어류부산물의 활용과정에서 발생하는 2차 부산물도 에너지원 등으로의 활용이 가능할 것으로 예상되고 있음
- 이에 어류부산물 등(양식 등 어류부산물과 2차 부산물)에 대한 고부가가치 재활용·순환자원화의 방안을 모색하는 연구개발을 추진 중에 있음
- 하지만 일차적으로 폐기물로 구분되는 어류부산물 등은 그 활용이 제한되어 있고 순환자원화 역시 법적 근거가 없는 등 재활용·순환자원화의 방안은 제도적 한계로 인해 그 연구개발의 성공을 가로막고 있는 실정임
- 이에 재활용·순환자원화의 성공을 뒷받침할 제도적 개선 과제를 도출함으로써 재활용·순환자원화의 연구개발을 촉진시키고자 하는 것이 본 제도개선과제의 주요 배경임

나. 재활용에 대한 현행 폐기물관리법령의 분석

○ 양식 등 어류부산물과 2차부산물의 폐기물관리법 상의 분류

- 어류부산물 등은 원칙적으로 폐기물관리법 상의 폐기물로 분류됨
- 폐기물관리법 제2조 제1호에 따르면, “폐기물”이란 쓰레기, 연소재(燃燒滓), 오니(汚泥), 폐유(廢油), 폐산(廢酸), 폐알칼리 및 동물의 사체(死體) 등으로서 사람의 생활이나 사업 활동에 필요하지 아니하게 된 물질로 정의되고 있음

<표 2-1> 폐기물관리법령상 폐기물의 분류

폐기물관리법	<p>제2조(정의) 이 법에서 사용하는 용어의 뜻은 다음과 같다.</p> <ol style="list-style-type: none"> 2. “생활폐기물”이란 사업장폐기물 외의 폐기물을 말한다. 3. “사업장폐기물”이란 「대기환경보전법」, 「물환경보전법」 또는 「소음·진동관리법」에 따라 배출시설을 설치·운영하는 사업장이나 그밖에 대통령령으로 정하는 사업장에서 발생하는 폐기물을 말한다. 4. “지정폐기물”이란 사업장폐기물 중 폐유·폐산 등 주변 환경을 오염시킬 수 있거나 의료폐기물(醫療廢棄物) 등 인체에 위해(危害)를 줄 수 있는 해로운 물질로서 대통령령으로 정하는 폐기물을 말한다.
폐기물관리법 시행령	<p>제2조(사업장의 범위) 「폐기물관리법」(이하 “법”이라 한다) 제2조제3호에서 “그 밖에 대통령령으로 정하는 사업장”이란 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 사업장을 말한다.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 「물환경보전법」 제48조 제1항에 따라 공공폐수처리시설을 설치·운영하는 사업장 2. 「하수도법」 제2조 제9호에 따른 공공하수처리시설을 설치·운영하는 사업장 3. 「하수도법」 제2조제11호에 따른 분뇨처리시설을 설치·운영하는 사업장 4. 「가축분뇨의 관리 및 이용에 관한 법률」 제24조에 따른 공공처리시설 5. 법 제29조 제2항에 따른 폐기물처리시설(법 제25조 제3항에 따라 폐기물 처리업의 허가를 받은 자가 설치하는 시설을 포함한다)을 설치·운영하는 사업장 6. 법 제2조 제4호에 따른 지정폐기물을 배출하는 사업장 7. 폐기물을 1일 평균 300킬로그램 이상 배출하는 사업장 8. 「건설산업기본법」 제2조제4호에 따른 건설공사로 폐기물을 5톤(공사를 착공할 때부터 마칠 때까지 발생하는 폐기물의 양을 말한다)이상 배출하는 사업장 9. 일련의 공사(제8호에 따른 건설공사는 제외한다) 또는 작업으로 폐기물을 5톤(공사를 착공하거나 작업을 시작할 때부터 마칠 때까지 발생하는 폐기물의 양을 말한다)이상 배출하는 사업장

- 폐기물관리법은 폐기물의 종류를 크게 생활폐기물, 사업장폐기물, 지정폐기물로 구분하고 있는데 양식 등 어류부산물은 일반적으로 생활폐기물에 해당됨
 - 다만 예외적으로 폐기물을 1일 평균 300킬로그램 이상 배출하는 사업장인 경우에는 사업장폐기물로 분류됨
 - 또한 2차 부산물의 경우는 일반적으로 사업장 폐기물로 분류되나 유해성분의 함유여부에 따라 지정폐기물로 분류될 수 있음
- 양식 등 어류부산물과 2차부산물의 폐기물관리법 시행규칙상의 세부분류
- 양식 등 어류부산물은 생활폐기물로 분류될 경우에는 동물성 잔재물(동물의 사체, 수산가공물, 유지 등을 포함한다)로 세부 분류됨
 - 또한 사업장폐기물로 분류될 경우에는 동·식물성잔재물 중 동물사체 또는 수산물가공잔재물 등으로 세부 분류됨
 - 2차 부산물의 경우는 성분 등에 따라 달라질 수 있으나 유기성오니류 중 “그 밖의 공정오니”로 구분될 가능성이 높고 “그 밖의 유기성오니”로 분류될 가능성 등도 존재함

〈표 2-2〉 폐기물관리법시행규칙 별표4의 폐기물의 종류별 세부분류

2. 사업장일반폐기물의 세부분류 및 분류번호

51-01 유기성오니류

51-01-06 그 밖의 공정오니

51-01-99 그 밖의 유기성오니

51-17 동·식물성잔재물(식료품 및 음료제조업 등에서 발생하는 잔재물을 포함하며, 음식물류 폐기물은 제외한다)

51-17-01 동물사체

51-17-03 수산물가공잔재물

51-17-19 그 밖의 동물성잔재물

3. 생활폐기물의 세부분류 및 분류번호

91-16-00 동물성 잔재물(동물의 사체, 수산가공물, 유지 등을 포함한다)

- 양식 등 어류부산물과 2차 부산물의 폐기물관리법 시행규칙 상 재활용 가능 유형
- 폐기물관리법 제2조의2는 폐기물의 종류 및 재활용 유형에 관한 세부분류는 폐기물의 발생원, 구성성분 및 유해성 등을 고려하여 시행규칙으로 정하도록 함

- 이에 따른 폐기물관리법 시행규칙 별표 4의3(폐기물의 종류별 재활용 가능 유형)를 보면 양식 등 어류부산물과 2차 부산물의 재활용 가능 유형은 아래 표와 같음

<표 2-3> 시행규칙 별표4의3의 폐기물 종류(사업장 폐기물)별 재활용 가능유형

분류번호	폐기물의 종류	재활용 유형	사전 분석·확인 필요 여부
51-01-06	그 밖의 공정오니		해당 없음
		R-4-2, R-5-1, R-5-2, R-5-4, R-6-1, R-7-3, R-8-2, R-10	해당
51-01-99	그 밖의 유기성오니	R-3-1, R-3-2, R-3-4, R-9-3, R-9-4, R-10	해당 없음
		R-4-2, R-5-1, R-5-4, R-6-1, R-7-3, R-8-2, R-10	해당
51-17	동·식물성잔재물(식료품 및 음료제조업 등에서 발생하는 잔재물을 포함하며, 음식물류 폐기물은 제외한다)		
51-17-01	동물사체	R-4-8, R-9-4, R-10	해당 없음
		R-5-1, R-5-2, R-5-4, R-10	해당
51-17-03	수산물가공잔재물	R-3-4, R-4-8, R-9-4, R-10	해당 없음
		R-5-1, R-5-2, R-5-4, R-10	해당
51-17-19	그 밖의 동물성잔재물	R-4-8, R-9-4, R-10	해당 없음
		R-5-1, R-5-2, R-5-4, R-10	해당

<표 2-4> 시행규칙 별표4의3의 폐기물 종류(생활폐기물)별 재활용 가능유형

분류번호	폐기물의 종류	재활용 유형	사전 분석·확인 필요 여부
91-16-00	동물성 잔재물(동물의 사체, 수산가공물, 유지 등을 포함한다)	R-4-8, R-5-1, R-5-2, R-5-4, R-9-4, R-10	해당 없음

○ 양식 등 어류부산물과 2차 부산물의 폐기물관리법 재활용 유형별 세부분류

- 폐기물관리법 시행규칙 별표 4의2(폐기물의 재활용 유형별 세부분류)는 재활용의 유형도 한정하고 있는데 그 내용은 아래 표와 같음

〈표 2-5〉 양식 등 어류부산물과 2차 부산물의 시행규칙(별표4의2의 재활용 유형 해당 내용)

2. 재생이용할 수 있는 상태로 만들거나 재생이용하는 유형(R-3, R-4)

가. R-3: 재생이용할 수 있는 상태로 만드는 유형

- 1) R-3-1: 단순 해체, 분리, 파쇄, 선별 등의 공정을 통해 폐기물에서 금속 또는 비금속 자원을 회수하는 유형
- 2) R-3-2: 용융, 용해, 반응, 추출 등의 공정을 통해 폐기물에서 금속 또는 비금속 자원을 회수하는 유형
- 3) R-3-3: 분리, 선별, 압축, 감용, 절단, 파쇄, 분쇄, 용융, 반응, 증발·농축 등의 공정을 통해 폐기물을 종이, 금속, 유리, 합성수지 또는 섬유, 고무제품의 원료물질로 제조하는 유형
- 4) R-3-4: 분리, 선별, 압축, 감용, 절단, 파쇄, 분쇄, 용융, 반응, 증발·농축 등의 공정을 통해 폐기물을 종이, 금속, 유리, 합성수지 또는 섬유, 고무제품 이외의 원료물질로 제조하는 유형

나. R-4: 직접 재생이용하는 유형

- 1) R-4-1: 금속성 제품을 제조하는 유형
- 2) R-4-2: 골재, 유리, 시멘트, 콘크리트 및 레미콘, 내화물, 요업제품, 각종 석제품 등 비금속광물제품이나 아스콘, 아스팔트, 고화제(固化劑: 고체화를 위한 첨가물) 등 기타 비금속광물제품을 제조하는 유형
- 8) R-4-8: 동·식물성 유지나 비누 등 유지제품을 제조하는 유형

3. 농업이나 토질개선을 위하여 재활용하는 유형(R-5, R-6)

가. R-5: 유·무기물질을 농업의 생산에 기여할 목적으로 재활용하는 유형

- 1) R-5-1: 「비료관리법」에 따른 비료(퇴비를 포함한다)를 생산하는 유형
- 2) R-5-2: 「사료관리법」에 따른 사료를 생산하는 유형
- 4) R-5-4: 자가 사육하는 가축의 먹이나 자가 농경지 또는 초지의 퇴비로 사용하는 유형

나. R-6: 유기물질을 토질개선의 목적으로 재활용하는 유형

- 1) R-6-1: 생물학적 처리과정을 거쳐 부숙토나 지렁이 분변토를 만들어 매립시설 복토재 또는 토양개량제를 생산하는 유형

4. 토양이나 공유수면 등에 성토재·복토재·도로기층재·채움재 등으로 재활용하는 유형(R-7)

- 다. R-7-3: 폐기물매립시설의 복토재 또는 바다와 인접한 폐기물매립시설의 복토재, 차수재로 사용하는 유형

5. 에너지를 직접 회수하거나 회수할 수 있는 상태로 만드는 유형(R-8, R-9)
- 가. R-8: 에너지를 직접 회수하는 유형
- 2) R-8-2: 소각열회수시설 등을 통해 제3조제1항제1호에 따른 에너지 회수기준에 적합하게 에너지를 회수하는 유형
- 나. R-9: 에너지를 회수할 수 있는 상태로 만드는 유형
- 3) R-9-3: 열분해, 탄화 등 열적 처리방법으로 액체, 기체 및 고체상의 연료를 만드는 유형
- 4) R-9-4: 혐기성소화·분해 등 생물학적 처리방법으로 기체·액체상의 연료를 만드는 유형
6. 제품 제조 등을 위한 중간가공폐기물을 만드는 유형(R-10)
- R-10-1: R-3부터 R-9까지의 재활용 유형에 따라 재활용하기 위한 중간가공폐기물을 만드는 유형

다. 어류부산물 등의 폐기물법령상 재활용 가능여부 정리

(1) 양식 등 어류부산물의 폐기물법령 상 재활용 가능여부

- 양식 등 어류부산물의 폐기물법령 상 재활용 가능여부 관련 폐기물법령의 내용 정리
 - 폐기물관리법령에 따르면 폐기물을 재활용하려는 자는 원칙적으로 폐기물관리법 시행규칙 별표4의3의 표에 따라 폐기물 종류별로 정해진 재활용 가능유형으로 재활용해야 함.
 - 또한 폐기물관리법 시행규칙 별표4의3은 폐기물 종류별로 재활용 가능유형을 정하면서 그 표에서 사전 분석·확인 필요 여부를 “해당”과 “해당 없음”으로 구분하고 있음
 - 사전 분석·확인 필요 여부가 “해당”인 경우에는 폐기물을 재활용하기 전에 폐기물분석전문기관의 분석 결과 등을 통하여 해당 폐기물이 폐기물관리법 시행규칙 별표 5의3에 따른 폐기물의 구체적인 재활용 기준에 따라 재활용이 가능한 폐기물인지의 여부 등을 확인하여야 함
- 생활폐기물인 경우의 폐기물법령 상의 분류 및 재활용 가능유형 정리
 - 양식 등 어류부산물이 생활폐기물인 경우에는 동물성 잔재물로 분류되는데 이 경우에는 유지제품, 비료, 사료, 퇴비로 재활용이 가능하며 사전 분석·확인 필요하지 않음

- 사업장폐기물인 경우의 폐기물법령 상의 분류 및 재활용 가능유형 정리
- 양식 등 어류부산물(예외적으로 “폐기물을 1일 평균 300킬로그램 이상 배출하는 사업장”등에 해당하여 사업장폐기물로 분류될 경우에는 동·식물성 잔재물 중 동물사체 또는 수산물가공 잔재물 등으로 세부 분류됨.
- 동물사체인 경우에는 우선 유지제품, 기체·액체상의 연료로 사전 분석·확인 필요 없이 재활용이 가능함
 - 더불어 비료, 사료, 퇴비로 재활용이 가능하지만 사전 분석·확인이 필요함
- 수산물가공잔재물인 경우에는 우선 종이·금속·유리·합성수지·섬유·고무제품 이외의 원료물질, 유지제품, 기체·액체상의 연료로 사전 분석·확인 필요 없이 재활용이 가능함
 - 더불어 비료, 사료, 퇴비로 재활용이 가능하지만 사전 분석·확인이 필요함

(2) 양식 등 어류부산물의 폐기물법령 상 재활용 가능여부

- 그 밖의 공정오니(사업장폐기물)의 경우 폐기물법령 상의 분류 및 재활용 가능유형 정리
 - 그 밖의 공정오니의 경우에는 비금속광물제품, 비료, 사료, 퇴비, 매립시설 복토재·토양개량제, 폐기물매립시설 복토재·차수재, 에너지 회수로 재활용이 가능하지만 사전 분석·확인이 필요함
- 그 밖의 유기성오니(사업장폐기물)의 경우 폐기물법령 상의 분류 및 재활용 가능유형 정리
 - 그 밖의 유기성오니의 경우에는 우선 금속 또는 비금속 자원, 종이·금속·유리·합성수지·섬유·고무제품 이외의 원료물질, 액체·기체·고체상의 연료로 사전 분석·확인 필요 없이 재활용이 가능함
 - 더불어 기타 비금속광물제품, 비료, 퇴비, 매립시설 복토재·토양개량제로 재활용이 가능하지만 사전 분석·확인이 필요함

(3) 재활용환경성평가 제도

- 관련 규정의 내용
 - 폐기물관리법 제13조의2(폐기물의 재활용 원칙 및 준수사항)는 일정한 요건과 환경부장관이 정하는 재활용기준 등을 준수하고 금지 또는 제한되는 폐기물이 아닌 경우에는 누구든지 폐기물을 재활용할 수 있도록 규정하고 있음

- 폐기물관리법 제13조의3(폐기물의 재활용 시 환경성평가)은 환경부령으로 정하는 규모 이상의 폐기물 등이나 제13조의2에 따른 폐기물 재활용의 원칙 및 준수사항을 정하지 아니한 폐기물을 재활용하려는 자는 재활용환경성평가를 받도록 함

○ 재활용환경성평가제도의 적용대상

- 폐기물관리법 제13조의2는 환경부장관이 정하는 재활용기준을 준수할 때 폐기물을 재활용할 수 있도록 하고 있고, 폐기물관리법 제13조의3은 이와 같은 기준 등의 준수사항 등을 정하지 아니한 폐기물을 재활용하려는 자는 재활용환경성평가를 받아야 함

<표 2-6> 재활용환경성평가 관련 법령의 내용

<p>폐기물관리법</p>	<p>제13조의2(폐기물의 재활용 원칙 및 준수사항) ① 누구든지 다음 각 호를 위반하지 아니하는 경우에는 폐기물을 재활용할 수 있다.</p> <p>5. 그 밖에 환경부령으로 정하는 재활용의 기준을 준수할 것</p> <p>제13조의3(폐기물의 재활용 시 환경성평가) ① 제13조의2제1항에도 불구하고 다음 각 호에 해당하는 자는 제13조의4제1항에 따른 재활용환경성평가기관으로부터 해당 폐기물의 재활용이 사람의 건강이나 환경에 미치는 영향을 조사·예측하여 해로운 영향을 피하거나 제거하는 방안 및 재활용기술의 적합성에 대한 평가(이하 "재활용환경성평가"라 한다)를 받아야 한다. 폐기물의 종류, 재활용 유형 등 환경부령으로 정하는 중요사항을 변경하는 경우에도 또한 같다.</p> <p>1. 환경부령으로 정하는 규모 이상의 폐기물 또는 폐기물을 토양 등과 혼합하여 만든 물질을 토양·지하수·지표수 등에 접촉시켜 복토재·성토재·도로기층재 등 환경부령으로 정하는 용도 또는 방법으로 재활용하려는 자(둘 이상이 공동으로 재활용하려는 경우를 포함한다)</p> <p>2. 제13조의2에 따른 폐기물 재활용의 원칙 및 준수사항을 정하지 아니한 폐기물을 재활용하려는 자</p>
<p>폐기물관리법 시행규칙 (별표 5의3)</p>	<p>1. 공통기준</p> <p>다. 법 제13조의2에 따라 폐기물을 재활용하는 자(법 제13조의3제1항제2호에 따라 재활용환경성평가를 받아 재활용하는 경우는 제외한다)는 별표 4의3에 따른 폐기물의 종류별 재활용 가능 유형에 해당하는 유형으로 제2호에 따른 재활용 유형별 재활용의 세부기준을 준수하여 재활용해야 한다.</p>

- 폐기물관리법 제13조의2에 따라 환경부장관이 정하는 재활용기준은 폐기물관리법 시행규칙 별표 5의3에 규정됨
- 그런데 폐기물관리법 시행규칙 별표 5의3의 공통기준(재활용기준)을 보면, 결국 폐기물관리법 시행규칙 별표 4의3에 따른 폐기물의 종류별 재활용 가능 유형에 해당하는 유형으로 재활용함을 준수하도록 하고 있음
- 따라서 폐기물의 종류별 재활용 가능 유형이 아닌 내용과 방법으로 재활용을 하려면 사전에 의무적으로 재활용환경성평가를 받고 환경부장관의 승인을 받아야 함

○ 관련 규정의 도입 배경

- 폐기물관리법 제13조의2 및 동법 제13조의3은 2015.7.6. 개정되어 2016.7.19.부터 시행되고 있음
- 누구든지 법령에서 정한 기준을 위반하지 아니하는 경우에는 폐기물을 재활용할 수 있도록 규제 방식을 원칙금지·예외허용 방식에서 원칙허용·예외금지 방식으로 바꾸기 위한 대폭적인 규제완화 차원에서 제도개선이 추진된 사항임
 - 이는 당초 신기술이 개발되어도 시행규칙의 개정 등의 절차로 신기술을 적용하는데 2년 넘게 소요되는 문제를 해소하고 신기술이 빠르게 시장에 진입할 수 있도록 하는데 그 구체적 목적이 있었음
- 하지만 법안 심사과정 및 시행규칙 등의 개정과정에서 원칙허용·예외금지의 취지는 상당히 크게 훼손됨에 따라 기존 폐기물관리법 시행규칙에 따른 폐기물의 종류별 재활용 가능 유형에 해당하지 않는 경우는 여전히 원칙적 금지가 적용되는 문제가 발생하고 있음
- 다만 폐기물의 종류별 재활용 가능 유형에 해당하지 않는 경우에 있어 기존에는 시행규칙 개정이 이뤄져야 가능했지만 지금은 이보다는 완화된 재활용환경성평가제도가 도입되어 재활용에 있어서의 신기술 도입 여건이 완화된 측면도 존재함

(4) 재활용·순환자원화의 방안의 폐기물법령 상 재활용 가능여부도

- 양식 등 어류부산물의 재활용·순환자원화의 방안(연구과제)의 재활용 가능여부
 - 양식 등 어류부산물의 재활용·순환자원화의 방안은 의료소재(기기), 의약품, 화장품, 식품 소재, 기능성 사료 및 첨가제 활용 등임

- 의료소재(기기), 의약품, 화장품, 식품 소재로의 재활용은 폐기물관리법 시행규칙에 따른 폐기물의 종류별 재활용 가능 유형에 해당하지 않음.
- 다만 **재활용환경성평가를 받을 경우에는 재활용이 가능함**
 - 경우에도 **의료기기법의 기준규격, 화장품법의 화장품 안전기준, 식품위생법의 식품 또는 식품첨가물에 관한 기준 및 규격, 약사법의 허가기준 등 해당 재활용 제품과 관련한 폐기물관리법 이외의 법률의 제품허용요건은 준수해야 함**

<표 2-7> 기능성 사료 및 첨가제 활용 관련 법령의 내용

<p>사료관리법</p>	<p>제2조(정의) 이 법에서 사용하는 용어의 뜻은 다음과 같다. <개정 2013. 3. 23.></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. “사료”란 「축산법」에 따른 가축이나 그 밖에 농림축산식품부장관이 정하여 고시하는 동물·어류 등(이하 “동물등”이라 한다)에 영양이 되거나 그 건강유지 또는 성장에 필요한 것으로서 단미사료(單味飼料)·배합사료(配合飼料) 및 보조사료(補助飼料)를 말한다. 다만, 동물용의약으로서 섭취하는 것을 제외한다. 2. “단미사료”란 식물성·동물성 또는 광물성 물질로서 사료로 직접 사용되거나 배합사료의 원료로 사용되는 것으로서 농림축산식품부장관이 정하여 고시하는 것을 말한다. 3. “배합사료”란 단미사료·보조사료 등을 적정한 비율로 배합 또는 가공한 것으로서 용도에 따라 농림축산식품부장관이 정하여 고시하는 것을 말한다. 4. “보조사료”란 사료의 품질저하 방지 또는 사료의 효용을 높이기 위하여 사료에 첨가하는 것으로서 농림축산식품부장관이 정하여 고시하는 것을 말한다.
<p>사료 등의 기준 및 규격 (농림축산식품부고시)</p>	<p>제1조(목적) 이 고시는 「사료관리법」(이하 “법”이라 한다) 제2조, 제8조, 제11조부터 제15조, 같은 법 시행규칙(이하 “규칙”이라 한다) 제5조, 제11조, 제12조, 제14조, 제30조에서 위임한 사료의 품질관리와 안전성 확보 등에 필요한 동물등의 범위 및 사료의 범위와 명칭, 사료공정(사료의 제조·사용·운반 및 보존방법에 관한 기준과 사료의 성분에 관한 규격), 성분등록 및 표시사항, 유해물질 등의 범위와 기준, 함량·혼합제한, 표준분석방법 등에 관한 사항을 규정함을 목적으로 한다.</p>
<p>폐기물관리법 시행규칙</p>	<p>비고</p> <ol style="list-style-type: none"> 3. 사전 분석·확인 필요 여부가 “해당”인 경우에는 폐기물을 재활용하기 전에 폐기물분석전문기관의 분석 결과 등을 통하여 해당 폐기물이 별표 5의3에 따른 폐기물의 구체적인 재활용 기준에 따라 재활용이 가능한 폐기물인지의 여부 등을 확인하여야 한다.

- 기능성 사료 및 첨가제 활용은 원칙적으로 가능함
 - 사료관리법에 따르면 사료첨가제를 의미하는 보조 사료도 사료의 범위에 포함됨
- 다만 기능성 사료 및 첨가제 활용은 사전 분석·확인이 필요하고 그 원료 등이 사료 등의 기준 및 규격에 적합해야 함
- 양식 등 어류 2차 부산물의 재활용·순환자원화 방안의 재활용 가능여부
 - 양식 등 어류 2차 부산물의 재활용·순환자원화 방안은 기능성 소재 추출과 고행연료 및 메탄기술 개발 등을 통한 에너지원 개발임
 - 기능성 소재 추출과 관련해서는 그 밖의 공정오니(사업장폐기물)로 분류될 경우에는 폐기물관리법 시행규칙에 따른 폐기물의 종류별 재활용 가능 유형이 존재하지 않음
 - 다만 재활용환경성평가를 받을 경우에는 재활용이 가능하지만 해당 재활용 제품과 관련한 폐기물관리법 이외의 법률의 제품허용요건은 준수해야 함
 - 경우에 따라 그 밖의 유기성오니(사업장폐기물)로 분류될 경우에는 종이·금속·유리·합성수지·섬유·고무제품 이외의 원료물질로 재활용이 원칙적으로 가능함
 - 하지만 폐기물관리법 시행규칙 별표5의3(재활용 기준에 따르면 이 경우 (R-3-4 유형의 재활용 기준) 별도의 추가 가공 공정을 거치지 않아야 하며, 한국산업표준 또는 그 밖에 해당 원료물질을 관리하는 다른 법령에 따른 기준 또는 규격에 적합하게 재활용하여야 한다는 제한이 있어 실제 활용가능성은 많은 제약을 받음
 - 고행연료 및 메탄기술 개발 등을 통한 에너지원 개발과 관련해서는 그 밖의 공정오니(사업장폐기물)로 분류될 경우에는 에너지를 직접 회수하는 것은 가능하지만 고체상의 연료로 재활용 후 에너지를 만드는 방식의 폐기물관리법 시행규칙에 따른 폐기물의 종류별 재활용 가능 유형이 존재하지 않음
 - 경우에 따라 그 밖의 유기성오니(사업장폐기물)로 분류될 경우에는 열적 처리방법으로 액체, 기체 및 고체상의 연료, 생물학적 처리방법으로 기체·액체상의 연료로 재활용이 가능하지만 사전 분석·확인이 필요함

라. 어류부산물 등의 순환자원화 가능여부 검토

(1) 어류 부산물 등의 폐기물 제외 필요성

- 어류부산물 등의 재활용·순환자원화를 통해 의료소재(기기), 의약품, 화장품, 식품 소재, 에너지화 등을 연구·개발한 결과가 성과로 이어지기 위해서는 해당 제품이 소비자의 신뢰를 확보하는 것이 핵심 전제 중 하나임
- 하지만 현재 어류부산물 등이 폐기물로 관리되고 있는 상황에서는 폐기물 제품이라는 부정적 인식으로 인해 소비자의 신뢰를 확보하는데 한계가 있음
- 따라서 어류 부산물 등을 폐기물의 범주에서 제외시키는 것이 어류 부산물 등을 이용한 각종 소재개발의 성공을 위해 반드시 필요함

(2) 자원순환기본법(2018.01.01 시행)의 제정

○ 법률 제정의 배경

- 국민들의 인식에서 폐기물을 자원으로 평가하기에는 한계가 있어, 이에 대한 패러다임의 전환을 유도하고 관련 제도를 정착시킴
- EU의 폐기물 종료 인정제도 등을 반영하여 폐기물을 자원으로 인식하는 순환 자원의 개념을 도입하여 폐기물의 개념을 점진적으로 축소시키고, 사회시스템을 소비형에서 순환형으로 전환하여 순환자원의 사용을 최대화하여 천연자원과 에너지의 소비를 최소화 함

○ 순환자원의 개념과 규정

- 폐기물이 일정과정을 거친 후 사람의 건강과 환경에 유해하지 않다는 요건을 충족하면 순환자원으로 인정하고 폐기물에서 완전히 제외하는 것이 순환자원의 기본적 개념임

<표 2-8> 순환자원과 관련한 자원순환기본법령의 내용

자원순환기본법	<p>제2조(정의) 이 법에서 사용하는 용어의 뜻은 다음과 같다.</p> <p>1. “자원순환”이란 환경정책상의 목적을 달성하기 위하여 필요한 범위 안에서 폐기물의 발생을 억제하고 발생한 폐기물을 적정하게 재활용 또는 처리(「폐기물관리법」 제2조 제6호에 따른 최종처분을 말한다. 이하 같다)하는 등 자원의 순환과정을 환경친화적으로 이용·관리하는 것을 말한다.</p>
---------	--

	<p>2. “자원순환사회”란 사람의 생활이나 산업활동에서 사회 구성원이 함께 노력하여 폐기물의 발생을 억제하고, 발생된 폐기물은 물질적으로 또는 에너지로 최대한 이용함으로써 천연자원의 사용을 최소화하는 사회를 말한다.</p> <p>3. “폐기물”이란 「폐기물관리법」 제2조 제1호에 따른 폐기물을 말한다.</p> <p>4. “순환자원”이란 폐기물 중 제9조에 따라 환경부장관의 인정을 받은 폐기물이 아닌 물질 또는 물건을 말한다.</p> <p>제9조(순환자원의 인정) ① 환경부장관은 폐기물 중 다음 각 호의 기준을 모두 충족하는 물질 또는 물건을 순환자원으로 인정할 수 있다.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 사람의 건강과 환경에 유해하지 아니할 것 2. 경제성이 있어 유상(有償) 거래가 가능하고 방치될 우려가 없을 것 3. 그 밖에 대통령령으로 정하는 순환자원의 기준을 충족할 것
<p>자원순환기본법 시행령</p>	<p>제3조(순환자원의 인정기준) 법 제9조 제1항 제3호에서 “대통령령으로 정하는 순환자원의 기준”이란 다음 각 호의 기준을 말한다.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 고체 상태로서 수분 함유량이 85퍼센트 이하거나 고형물(固形物) 함유량이 15퍼센트 이상일 것 2. 다른 종류의 폐기물과 혼합되지 아니하고, 순환자원으로 이용하려는 물질 외에 다른 물질을 포함하지 아니할 것. 다만, 환경부장관과 산업통상자원부장관이 공동으로 고시하는 이물질 함유기준을 충족하는 경우는 제외한다. 3. 다음 각 목에 해당하는 물질 또는 물건이 아닐 것 <ul style="list-style-type: none"> 가. 음식물류 폐기물, <u>유기성(有機性) 오니류(汚泥類) 및 동물성 잔재물(殘滓物)</u> 나. 「폐기물관리법」 제2조제7호나목에 따른 에너지 회수 등의 활동이나 연료로 사용하려는 물질 또는 물건 다. 성토재, 복토재, 도로의 기층재·보조기층재, 채움재 등 토양·지하수·지표수에 접촉시켜 사용하려는 물질 또는 물건 4. 추가적인 가공 과정 없이 바로 제품의 원료 또는 재료로 사용할 수 있을 것 6. 유기성 폐기물(고형물 중 유기성 물질의 함유량이 40퍼센트 이상인 것을 말한다)은 다음 각 목에 따른 용도로만 사용될 것 <ul style="list-style-type: none"> 가. 다음의 어느 하나에 해당하는 제품의 원료 또는 재료 <ol style="list-style-type: none"> 1) 「사료관리법」 제2조 제1호에 따른 사료(이하 “사료”라 한다)

	<p>2) 「비료관리법」 제2조 제1호에 따른 비료(이하 “비료”라 한다)</p> <p>3) 목재성형제품, 톱밥 등 나무제품</p> <p>4) 활성탄 또는 흡연 관련 제품</p> <p>나. 사료 또는 비료로 직접 사용되거나 그 밖의 농업(「농업·농촌 및 식품산업 기본법」 제3조 제1호에 따른 농업을 말한다)활동에 직접 사용될 것</p> <p>7. 해당 물질 또는 물건을 직접 사용하려는 자에게 공급(수출은 제외한다)될 것. 다만, 제6조제1항제1호부터 제6호까지의 어느 하나에 해당하는 물질 또는 물건은 제외한다.</p> <p>8. 폐기물의 순환이용에 관하여 다른 법령에서 용도, 방법, 기준 등을 정하고 있는 경우에는 그 용도, 방법, 기준 등에 적합할 것</p> <p>9. 수입 폐기물의 경우에는 수입된 후 「폐기물의 국가 간 이동 및 그 처리에 관한 법률 시행령」 제17조의2 제2항 제4호에 따른 처리계획서에 따라 처리되었을 것</p>
--	--

(3) 자원순환기본법에 따른 어류부산물 등의 순환자원의 인정 가능여부

- 자원순환기본법시행령 제3조제3호에 따르면 유기성(有機性) 오니류(汚泥類) 및 동물성 잔재물(殘滓物)이나 「폐기물관리법」 제2조 제7호나목에 따른 에너지 회수 등의 활동이나 연료로 사용하려는 물질 또는 물건 등은 순환자원기준을 충족할 수 없음
- 그런데 어류부산물 등(양식 등 어류부산물과 2차 부산물)은 모두 유기성(有機性) 오니류(汚泥類) 및 동물성 잔재물(殘滓物)에 포함되기 때문에 현행 법령상 순환자원이 될 수 없음
 - 또한 설령 어류부산물 등이 유기성(有機性) 오니류(汚泥類) 및 동물성 잔재물에 포함되지 않는다 하더라도 2차 부산물의 재활용·순환 방안 중의 하나인 에너지원으로 활용하는 것도 순환자원이 될 수 없음
- 이외에도 자원순환기본법시행령 제3조제6호의 유기성 폐기물의 용도제한 등은 어류부산물 등의 순환자원화를 제약할 것으로 판단됨

마. 어류부산물 등의 재활용·순환자원화를 위한 제도개선방안

(1) 자원순환기본법령의 개정

- 어류부산물 등의 재활용·순환자원화 방안의 연구·개발이 성공하기 위한 핵심적 요건은 어류부산물 등을 폐기물에서 제외시키는 것이고 이를 위한 가장 단기적이고 직접적인 방법은 자원순환기본법령을 개정하는 것임

○ 자원순환기본법시행령의 개정

- 유기성(有機性) 오니류(汚泥類) 및 동물성 잔재물(殘滓物) 등을 원천적으로 순환자원이 될 수 없도록 하고 있는 자원순환기본법시행령 제3조를 개정해 안전성 등에 대한 평가 결과 문제가 없다면 어류부산물 등의 순환자원화를 허용할 수 있도록 함

○ 자원순환기본법의 개정

- 순환자원인정제도가 EU의 폐기물 종료 인정제도 등을 반영한 결과임에도 자원순환기본법은 순환자원의 인정기준을 시행령에 대폭 위임하여 EU의 폐기물 종료 인정제도보다 훨씬 엄격한 순환자원인정제도를 시행함으로써 제도 도입의 취지를 훼손하고 있음
- 따라서 순환자원의 인정 기준을 EU 수준으로 하고 시행령에의 위임을 금지함으로써 순환자원인정제도를 실질화하고 어류부산물 등의 순환자원화를 원칙적으로 허용할 수 있도록 함

<표 2-9> EU의 폐기물 종료 기준

근거	폐기물기본지침 (Waste Framework Directives)
종료 요건	<p style="text-align: center;"><Article 5 : By-products></p> <p>① 사용용도가 확실할 것 ② 추가 공정 없이 직접 사용할 수 있을 것 ③ 일련의 생산공정 내에서 발생할 것 ④ 제품이나 환경·건강보호 요건에 충족하고, 환경 및 건강에 위해하지 않을 것</p>
	<p style="text-align: center;"><Article 6 : End-of-waste status></p> <p>① 특정 목적(specific purpose)으로 사용될 것 ② 시장·수요가 있을 것 ③ 특정목적에 맞는 기술요건과 제품에 적용되는 법적 기준을 충족할 것 ④ 사용이 환경과 인체 건강에 위해하지 않을 것</p>

(2) 수산부산물 재활용·순환자원화 촉진에 관한 법률 제정

○ 「수산부산물 재활용 촉진에 관한 법률안」의 발의 연혁

- 2016.8.16. 유기준의원이 「수산부산물 재활용 촉진에 관한 법률안」을 대표 발의하였으나 임기만료로 폐기됨

○ 「수산부산물 재활용 촉진에 관한 법률안」의 주요 내용과 한계

- 제안이유와 주요 내용

- 「폐기물관리법」에 따른 폐기물로 취급되어 오던 수산부산물(수산물의 어획·채취·양식·가공·판매 과정에서 부수적으로 발생한 물건)에 대하여 식품원료, 비료, 사료 등의 용도로 재활용할 수 있도록 그 법적 근거를 마련하기 위함
- 주요내용은 수산부산물 재활용 기본계획 및 시행계획 수립·시행, 수산부산물 분리배출 의무 및 지원, 수산부산물 재활용센터의 설치·운영 등임
- 수산부산물 재활용센터의 기능과 관련해서는 수산부산물 재활용을 위한 가공·처리·보관·판매, 수산부산물 재활용기술 연구·개발, 수산부산물에서 유용한 영양소 추출 등을 규정하고 있음

- 제정안의 한계

- 제정안 제3조는 수산부산물의 친환경적이고 위생적인 처리와 재활용 촉진에 관한 사항은 이 법을 우선하여 적용하고, 이 법에 규정되지 아니한 사항은 「폐기물 관리법」을 적용하도록 규정함
- 하지만 재활용가능유형 등 폐기물관리법의 핵심 규제를 배제할 수 있는 조항이 없어 수산부산물의 재활용을 본질적으로 촉진할 수 있는 수단이 한계적임
- 또한 순환자원화의 특칙 등 순환자원화 촉진에 대한 내용도 존재하지 않아 수산부산물을 폐기물에서 제외시킬 수 있는 기능을 갖고 있지 않음
- 뿐만 아니라 완전히 단절된 것은 아니지만 재활용의 용도를 식품원료, 비료, 사료 등의 용도로 규정하고 있어 의료소재, 의료기기, 의약품, 화장품, 에너지원 등 고부가가치의 다양한 활용을 적극적으로 제시하지 않고 있음

○ 수산부산물 재활용·순환자원화 촉진에 관한 법률 제정

- 수산부산물의 재활용과 순환자원화를 보다 폭넓게 보장하기 위해 폐기물관리법 및 자원순환기본법의 특례와 재활용·순환자원화 추가 용도를 기존에 수산부산물 재활용 촉진에 관한 법률안에 추가하여 수산부산물 재활용·순환자원

화 촉진에 관한 법률을 제정하는 것도 어류부산물 등을 포함하는 수산부산물의 재활용·순환자원화 촉진을 위한 유효한 수단이 될 수 있음

(3) 식품 재활용·순환자원화 촉진에 관한 법률 제정

- 앞서 언급한 수산부산물 재활용·순환자원화 촉진에 관한 법률의 적용대상을 수산부산물 뿐 아니라 일반음식 부산물 등의 전체 식품으로 확대하는 것도 유효한 입법 방안임
- 이는 왜 수산부산물에 대해서만 폐기물관리법 및 자원순환기본법의 특례를 적용해야 하는가에 대한 공방을 피하는데 효과적이라 판단됨
- 일본의 경우 「식품 순환자원의 재생이용 등의 촉진에 관한 법률」을 통해 식품 폐기물의 발생억제와 감량화에 의해 최종처분량을 감소시킴과 동시에 재생이용을 촉진하고 있음
- 이러한 입법례를 참조하여 식품 전체에 대해 일반법으로 규율하고 그 법에서 수산부산물에 대하여 필요한 특유한 조항만을 별도의 장·절로 분리하는 것도 식품 전체에 대한 재활용·순환자원화 촉진과 수산부산물의 특성을 동시에 반영할 수 있는 입법 방안이라 판단됨

(4) 폐기물관리법령의 개정

○ 폐기물관리법의 개정

- 폐기물관리법 제13조의2의 신설취지는 폐기물재활용의 원칙허용·예외금지임
- 하지만 폐기물관리법 제13조의2 제1항 제5호(그 밖에 환경부령으로 정하는 재활용의 기준을 준수할 것)는 그 취지를 훼손하고 있음
- 또 동법 제13조의3 제1항 제2호가 제13조의2에 따른 폐기물 재활용의 원칙 및 준수사항을 정하지 아니한 폐기물을 재활용하려는 자는 재활용환경성평가를 받도록 하는 조항도 폐기물재활용의 원칙허용·예외금지 취지를 훼손하고 있음
- 따라서 폐기물관리법 제13조의2 제1항 제5호 및 제13조의3 제1항 제2호를 삭제하는 것이 어류부산물 등의 재활용을 촉진하는 또 하나의 유효한 수단임

○ 폐기물관리법 시행규칙의 개정

- 폐기물관리법의 개정이 지체된다면 단기적 방안으로 폐기물관리법 시행규칙 별표 5의3(재활용기준)을 개정하는 것도 하나의 방안임

- 폐기물관리법 시행규칙 별표 5의3의 취지는 폐기물재활용의 원칙허용·예외금지
지를 실시하면서 일정한 재활용기준을 제시하기 위한 것임에도 불구하고 폐기
물의 종류별 재활용 가능 유형에 해당하는 유형으로 재활용함을 준수하도록
하여 사실상 입법취지와 위배되게 원칙금지·예외허용의 수단이 되어버리고 있음
- 따라서 폐기물관리법 시행규칙 별표 5의3 중 제1호다목을 삭제할 필요가 있음

(5) 양식산업발전법령의 개정·제정

○ 입법연혁

- 양식산업발전법안이 2019.8.2. 의결되어 공포 후 1년이 지난날부터 시행됨

○ 양식산업발전법의 개정

- 양식산업발전법 제2조는 양식산업 및 양식관련사업을 정의하고 있으나 양식부
산물 등의 저감과 재활용·순환자원화 관련 사업을 명시적으로 양식산업 및 양
식관련사업의 개념에 포함시키지 않음(대통령령으로 정할 수 있는 여지는 존
재함)
- 또 양식산업발전법 제6조는 양식산업발전기본계획의 수립을, 동법 제61조는
양식산업 관련 기술개발 지원을 규정하고 있으나 양식부산물 등의 저감과 재
활용·순환자원화 관련 사업을 명시적으로 기본계획 및 기술개발 지원 대상에
명시적으로 포함시키지 않음(대통령령으로 정할 수 있는 여지는 존재함)
- 따라서 양식부산물 등의 저감과 재활용·순환자원화 사업을 양식산업 및 양식
관련사업의 정의, 기본계획 및 기술개발 지원 대상에 명시적으로 포함시킴으
로써 급증하는 양식부산물 등의 배출을 줄이고 재활용·순환자원화를 촉진하는
것이 필요함

○ 양식산업발전법 시행령에 포함

- 양식부산물 등의 저감과 재활용·순환자원화 사업을 양식산업 및 양식관련사업
의 정의, 기본계획 및 기술개발 지원 대상에 포함시키는 것을 현재 제정 작업
중에 있는 시행령을 통해 실현하는 방법도 조속한 제도개선을 위해 검토할 필
요가 있음

〈표 2-10〉 양식산업발전법 관련 내용

제2조(정의) 이 법에서 사용하는 용어의 뜻은 다음과 같다.

1. “양식”이란 수산동식물을 인공적인 방법으로 길러서 거두어들이는 행위(수산종자를 생산하는 행위를 포함한다)와 이를 목적으로 어선·어구를 사용하거나 양식시설물을 설치·운영하는 행위를 말한다.
2. “양식산업”이란 양식업과 양식관련사업을 말한다.
3. “양식업”이란 수산동식물을 양식하는 사업을 말한다.
4. “양식관련사업”이란 양식용 종자·사료·약품·기자재의 제조·생산업과 양식수산물의 운반·가공·유통·판매 등 그 밖에 대통령령으로 정하는 사업을 말한다.

제6조(양식산업발전기본계획) ① 해양수산부장관은 양식산업의 경쟁력강화와 지속적인 발전을 위하여 제8조에 따른 실태조사 결과를 기초하여 5년마다 양식산업발전기본계획(이하 “기본계획”이라 한다)을 수립하여야 한다.

② 기본계획에는 다음 각 호의 사항이 포함되어야 한다.

1. 양식산업발전을 위한 기본방향 및 목표
2. 양식산업의 현황 및 전망
3. 양식산업에 관한 연구 및 기술개발에 관한 사항
4. 양식인력 육성 및 해외진출에 관한 사항
5. 양식산업의 지속적 발전을 위한 심사·평가에 관한 사항
6. 양식수산물 소비촉진 및 수출 활성화에 관한 사항
7. 양식단지 조성 등 양식산업 육성에 관한 사항
8. 양식산업 발전에 필요한 재원의 확보 및 지원에 관한 사항
9. 그 밖에 양식산업의 발전을 위하여 해양수산부장관이 필요하다고 인정하는 사항

제61조(양식산업 관련 기술개발 지원) ① 해양수산부장관은 양식산업과 관련된 기술의 개발·보급을 위하여 다음 각 호의 사업을 하려는 자에 대하여 해당 사업의 운영에 드는 경비 등을 지원할 수 있다.

1. 양식산업 발전을 위한 사회·경제적 조사·연구 사업
2. 외국으로부터의 양식산업에 관한 새로운 기술도입 사업
3. 양식시설의 자동화, 기계화 및 지능화에 관한 기술개발 사업
4. 양식시설 개선·보완 사업
5. 개발된 양식기술의 산업화 사업
6. 양식업 생산경쟁력 제고 및 안정적인 사료 공급을 위한 사료기술의 개발·보급 사업
7. 양식산업 관련 데이터베이스의 구축 및 관리 사업
8. 그 밖에 양식산업에 관한 기술개발·보급을 위하여 필요한 사업

재활용환경성평가에 따른 재활용승인 신청서

■ 폐기물관리법 시행규칙 [별지 제4호의4서식]

재활용환경성평가에 따른 재활용승인신청서

※ []에는 해당되는 곳에 √표를 합니다.

접수번호	접수일자	처리기간	60일
신청인	상호(명칭)	사업자등록번호	
	성명(대표자)	생년월일	
	주 소		
	전화번호	E-mail	
신청 (변경) 내용	대상폐기물	종류	양(톤 또는 톤/년)
	재활용 장소	소재지	면적(제곱미터)
	재활용 유형		
	기타		

「폐기물관리법」 제13조의3제3항 및 같은 법 시행규칙 제14조의6제1항에 따라 위와 같이 재활용환경성평가에 따른 재활용의 승인을 신청합니다.

년 월 일

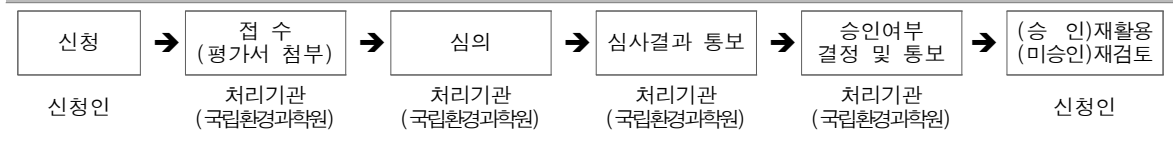
신청인

(서명 또는 인)

국립환경과학원장 귀하

첨부서류	재활용환경성평가서	수수료 없 음
------	-----------	------------

처리절차



210mm×297mm[백상지(80g/m²) 또는 중질지(80g/m²)]

(6) 정책동향 및 법·제도 분석 요약

- 연구개발과제의 폐기물법령 상 재활용 가능여부
 - 경우에 따라 다소 차이는 있을 수 있지만 결론적으로 연구개발과제의 주요 내용(재활용·순환자원화의 방안) 중 폐기물법령에 의해 재활용이 가능한 방안은 기능성 사료 및 첨가제 활용임
 - 다만 재활용환경성평가를 받고 이를 승인받으면 재활용이 가능함
- 어류부산물 등의 순환자원화 가능여부
 - 어류부산물 등의 재활용·순환자원화가 성공하기 위해서는 무엇보다도 어류 부산물 등을 폐기물의 범주에서 제외시켜 소비자의 신뢰를 확보해야함
 - 자원순환기본법(2018.01.01 시행)의 제정으로 순환자원으로 인정되면 폐기물로 취급하지 않게 되었지만 자원순환기본법시행령 제3조는 어류 등 부산물(유기성 오니류 및 동물성 잔재물 등)은 순환자원이 될 수 없도록 규정함
- 제도개선 방안
 - 자원순환기본법령의 개정
 - 자원순환기본법 시행령 제3조를 개정해 어류 등 부산물이 순환자원으로 인정될 수 있도록 하거나 자원순환기본법을 개정해 순환자원의 인정 기준을 EU 수준으로 하고 시행령에의 위임을 금지하도록 하는 방안을 모색함
 - 수산부산물 재활용·순환자원화 촉진에 관한 법률 제정
 - 2016.8.16. 「수산부산물 재활용 촉진에 관한 법률안」을 대표 발의하였으나 임기만료로 폐기되었는데 폐기물관리법 및 자원순환기본법의 특례 등이 존재하지 않는 한계를 보임
 - 따라서 폐기물관리법 및 자원순환기본법의 특례와 재활용·순환자원화 추가 용도를 기존의 수산부산물 재활용 촉진에 관한 법률안에 추가하여 수산부산물 재활용·순환자원화 촉진에 관한 법률을 제정하는 방안을 모색함
 - 식품 재활용·순환자원화 촉진에 관한 법률 제정
 - 일본의 입법례를 참조하여 식품 전체에 대한 일반법인 식품 재활용·순환자원화 촉진에 관한 법률을 제정하여 수산부산물에 대해서만 폐기물관리법 및 자원순환기본법의 특례를 적용해야 하는가에 대한 공방을 피하는 것도 효과적인 방안임
 - 폐기물관리법령의 개정
 - 폐기물재활용의 원칙허용·예외금지라는 법개정의 취지와 배치되는 폐기물

관리법 제13조의2 및 제13조의3을 개정하거나 시행규칙을 개정하여 폐기물 재활용의 원칙허용·예외금지를 명문규정으로 더욱 구체화하는 방안을 모색함

- 양식산업발전법령의 개정·제정

- 2019년 8월2일 제정된 양식산업발전법을 개정하거나 제정 중인 시행령에 반영시켜 양식산업 및 양식관련사업에 양식부산물 등의 저감과 재활용·순환자원화 관련 사업을 추가하고 양식발전기본계획 및 기술개발 지원 대상에도 포함시키는 방안을 모색함

2. 국내 가공시설 운영 실태 비교 조사 분석

○ 제주도

- 양식어류양식수협에서 2005년 8월에 국고보조 2억 원과 지방비 보조 2억 원, 자부담 9억 5,400만 원 등 총 사업비 13억 5,400만원을 들여 한림읍 상대리에 7,127㎡의 부지에 1,365㎡ 규모로 유기질 비료화 및 어분가송 공장을 준공하여 현재 가동 중에 있으나 폐사광어 처리의 문제점은 법제도 및 기술 측면에서 한계에 봉착해 있음
- 청정 제주지역에서의 타 지역(공장입지지역)보다 엄격한 환경(대기, 수질 및 악취) 관련법 기준 적용으로 현재 월 300톤의 폐사어 가공과정 중 발생하는 어즙 탈리액(이하 탈리액)은 제주도내 업체 1개소에서 월 160톤 수준에서 처리하고 있으나, 물량 대비 턱없이 부족한 실정임
- 폐사어, 병어, 기형어 등 버려지는 어류를 수거하여 유기질비료로 생산하여 재활용하고 있으며 유기농업을 선도하는 영농조합법인과 특용작물을 재배하는 농가에서 선호하고 있음

○ 전라남도

- 전라남도 완도군은 2008년 9월에 완도군 완도읍 농공단지 전남서부어류양식수협 내에 1천 114㎡ 규모의 ‘폐사어 유기질 비료화 공장’을 준공하여 본격적인 운영에 들어감 이 공장은 10억 원을 들여 1일 10톤, 연간 3천 톤의 폐사어를 처리할 수 있는 규모이며, 비료사업부에서는 자연폐사한 광어, 우럭, 돔 등을 원료로 친환경 ‘수협비료’를 생산하고 있음
- 광어를 통째로 녹여 발효시킨 생선 액비, 친환경 유기농비료로 채소류, 과실류에 활용이 가능한 비료를 생산하고 있음

- 수요에 비해 공급이 부족해 다른 지역에서 비료의 원료인 광어를 조달하고 있을 정도로 인기가 높음

○ 경상남도

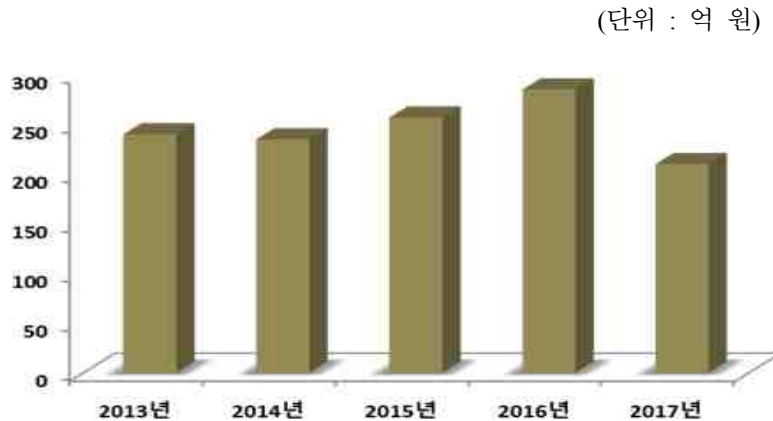
- 어류 양식장에서 발생하는 폐사어류로 인해 야기되는 환경오염 및 수산질병 확산 예방을 목적으로 2017년 수산생물 폐사체 처리장을 준공함
- 폐사 어류를 140도 4기압의 고온, 고압으로 멸균 처리하여 톱밥과 혼합 파쇄하여 분말형 퇴비 원료로 재활용하고 있음 (국립수산과학원 2015)

3. 시장 동향 및 전망 분석

가. 비식용 어분

- 비식용 어분은 기타 수산동물 가공 및 저장처리업에 해당하며, 다확성 어류나 가공하기에 부적합한 잡어, 어류 가공시의 부산물인 두부, 뼈, 껍질, 꼬리, 내장 등을 자숙, 압착, 건조, 분쇄 등의 처리를 하여 가공한 것으로 정의할 수 있으며, 이는 돼지, 닭 등 가축이나 양식 어류에게 주는 배합사료의 원료가 됨
- 산업특성
 - 소비재산업
 - 유통 단계를 거쳐 사료용으로 직접 판매되는 비중이 높은 최종 소비재임
 - 장치산업
 - 자숙기, 압착기, 건조기, 분쇄기 등 어분 제조에 필요한 각 공정별 기계 설비를 필요로 하는 장치산업임
 - 국내의 상황과는 무관하게 최대 어분 소비국 중국의 동향에 따라 국제 어분 가격이 민감하게 변동함
 - 주요 원재료의 고갈 가능성
 - 주요 원재료인 정어리나 멸치, 전갱이 등의 어분 원료가 고갈됨으로써 머지않아 공급 부족 현상이 도래할 것으로 예상됨
 - 수산물 가격과 밀접한 관련
 - 양식업의 사료로 이용되는 어분 사료의 가격 상승이 글로벌 수산물 가격 상승을 이끌
- 시장규모
 - 국내 비식용 어분 출하금액은 2013년 240억 원에서 2017년 210억 원으로 연평

균 3.36% 감소하였음. 업체당 평균 출하금액은 2013년 40억 원에서 2017년 52억 원으로 증가한 것으로 조사되었고, 우진사료공업, 동남사료공업사 등이 참여하고 있음



[그림 2-1] 비식용 어분 국내 시장규모

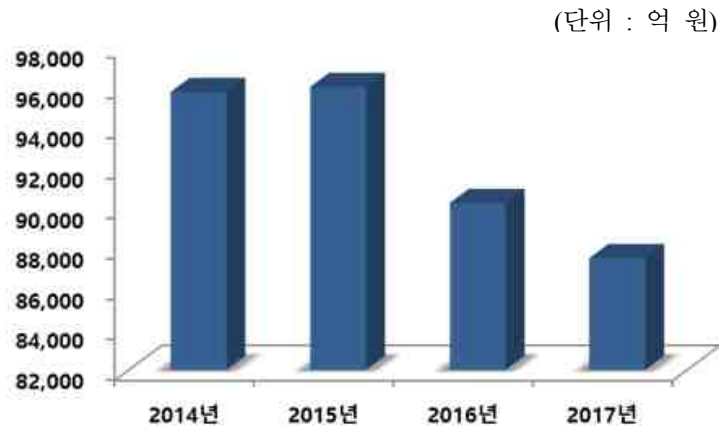
○ 시장 분석

- 비식용 어분 산업은 전 세계적으로 물고기 양식 증가와 함께 어분에 대한 수요가 증가함에 따라 촉진 가능성이 있음. 다만, 중국 등 대외변수에 따른 어분 가격의 높은 변동성과 주요 원재료인 정어리나 멸치, 전갱이 등의 어분 원료 고갈 전망 등이 시장 저해요인임. 이에 어분 원료 고갈에 따른 공급부족 현상에 대비하기 위한 단백질원의 개발이 필요하며, 원재료의 안정적인 조달방안 수립이 필요함

나. 배합사료

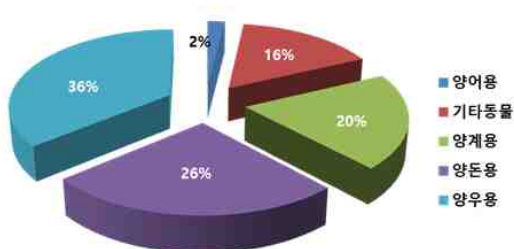
- 배합사료는 단미사료와 보조사료 등을 적정한 비율로 배합, 가공한 것으로, 양우용, 양돈용, 양계용, 양어용, 기타 동물용으로 분류됨
- 산업특성
 - 원재료의 수입의존도가 높은 산업임
 - 주원료가 되는 어분, 곡류 등을 대부분 수입에 의존하고 있으며, FTA 체결로 곡물의 수입의존도가 더욱 높아지는 추세임
 - 가격 변동 폭이 큰 산업

- 국제 곡물 가격 상승 및 환율 변동의 영향을 받아 가격과 재고량 등이 크게 변동할 수 있음
- 경기변동의 특성
 - 축산업, 어업 등의 전방산업 경기변동과 밀접한 관계를 가질뿐만 아니라 환경 변화의 영향을 받음
- 시장규모
 - 국내 배합사료 시장규모는 2014년 9조 5,786억 원에서 연평균 2.95%로 감소하여 2017년 8조 7,548억 원의 규모를 형성하였음

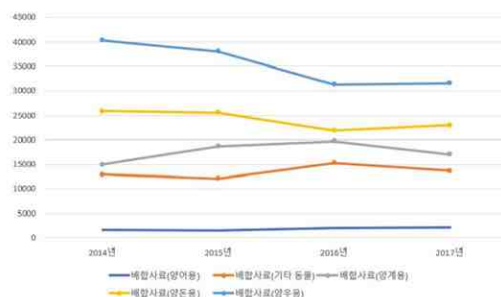


[그림 2-2] 국내 배합사료 시장규모

- 배합사료 시장은 양우용 및 양돈용이 시장의 절반 이상을 차지할 정도로 큰 비중을 차지함
- 한편, 가장 큰 시장을 차지하던 양우용 및 양돈용 시장은 시장이 2014년부터 2017년까지 각각 3.85, 7.86%(CAGR)로 감소하였고, 성장 가능성이 높을 것으로 예상되는 것은 양어용 배합사료로 11.31%의 연평균성장률로 증가하였음



[그림 2-3] 주요 분류별 배합사료 비중



[그림 2-4] 주요 분류별 시장규모 변화

○ 업체 현황

- 사료 생산 기업 간의 인수·합병 추진 등으로 인해 국내 배합사료 시장이 과점화되고 있으며, 기존 배합사료 생산 공장도 신규 증설을 통해 시장점유율을 높임으로써 시장 확대 및 경쟁이 치열해지고 있는 추세임
 - 참여 기업으로는 씨제일제일제당, 우성사료, 천하제일사료, 고려산업, 대한제당 등이 있음

○ 시장분석

- 배합사료(양우용)

- 국민 소득 증가에 따른 육류 소비 증가, 한우 농가들의 질적, 양적 발전에 따른 사료 소비 증가로 시장이 촉진될 수 있음
- FTA의 타결로 수입산 축산물에 가격경쟁력을 앞세워 확산되고 있어 국내 축산 농가들이 어려움에 봉착하였으며, 국제 곡물의 가격이 변동성을 띠면서 상승하고 있어 시장이 저해될 수 있음
- 한우 시장을 확대하기 위해 홍보 및 판매망 구축이 필요하며, 축산 농가들의 어려움을 극복하기 위해 정부의 지원 정책이 필요함
- 생산성에 대한 농가의 관심이 높아짐에 따라 좋은 품질의 사료 개발이 요구됨

- 배합사료(양돈용)

- 국민 소득 증가로 육류 소비 증가, 사육 마릿수 증가에 따른 배합사료 수요 증가가 시장 촉진요인임
- 국내산 양돈가격 상승에 따른 소비 감소, 사료원료인 곡물 가격 변동성 증가, 한·미, 한·EU, FTA 타결로 인한 축산물 수입 확대 등이 시장 저해요인임
- 축산물 시장개방, 국제곡물가격 상승 등에 따른 축산 농가의 경영적 어려움을 극복하기 위해 배합사료 원료의 국산화가 필요하며, 돼지고기 소비 증대를 위한 판매망과 홍보망의 구축이 필요함

- 배합사료(양계용)

- 닭고기 소비가 급속히 증가함에 따라 양계용 사료 수요가 증가하고 있음
- FTA를 통해 저렴한 양계육들이 들어오고 있고, 양계업종들도 가격 인하를 위해 사료를 줄이는 추세이며, 조류독감의 유행으로 매출이 급감될 위험성이 존재하는 등의 시장 저해요인이 존재함
- 이를 극복하기 위한 정부 정책 수립이 필요하며, 유통망을 다양화하여 원료 가격의 변동성과 배합사료의 수요 변동성 완화가 필요함

- 친환경 사료 첨가제의 개발과 가금 질병 최소화를 위한 사료 개발이 요구됨
- 배합사료(양어용)
 - 정부가 배합사료를 권장하는 지원 정책을 강화함으로써 양식업자들의 배합 사료 소비가 증진되고 있으며, 수입 사료를 대체함으로써 공급업체의 경쟁력이 강화되고 있어 시장 촉진 가능성이 있음
 - 주원료 대부분을 수입에 의존하고 있어 경기변동에 따라 배합사료의 가격이 민감하게 반응하기 때문에 친환경 사료를 개발하는 등 집중적인 연구개발을 위한 업체들의 많은 투자와 정부의 지원이 필요함
 - 저비용 생산시스템 개발을 통해 원가를 절감 시키는 노력이 요구됨
- 배합사료(기타 동물)
 - 1인 가구 증대, 핵가족화, 인구 고령화 등으로 개, 고양이 등 애완동물 사육 인가가 증가함으로써 시장이 성장할 수 있음
 - 영세 중소기업의 난립과 배합사료(기타 동물) 원료의 자급률 미미한 실정으로 인해 시장 성장이 저해될 수 있는 것으로 파악됨
 - 이의 극복을 위해 배합사료 원료의 국산화 및 원료 조달처의 다양화가 필요함

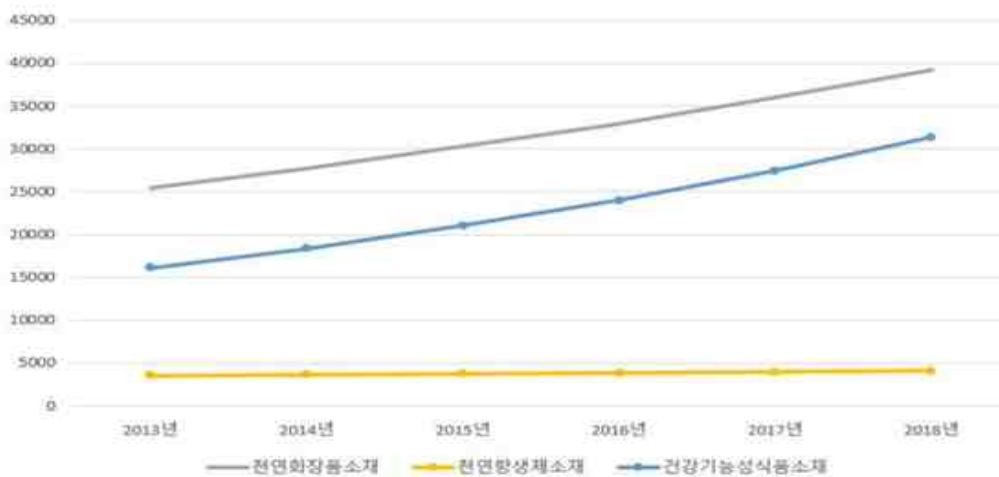
다. 기능성 소재

- 인체의 구조 및 활동 역할에 대해 영양소를 조절하거나 생리학적 작용 등 궁극적으로 보건 목적에 입각, 유용한 효과를 얻을 수 있도록 도움을 주는 소재를 의미하며, 식품, 화장품 등 다양한 분야에 적용될 수 있음
- 바이오 활성 소재는 미생물, 식물·동물 세포를 직간접적으로 이용하여 생산되는 유용한 물질을 가공 또는 조제함으로써 제품화가 가능한 산물임
- 자연계의 식물, 동물, 미생물에서 유래하는 천연화합물과 이를 가공, 발효, 합성과정을 거쳐 부가가치를 높인 가공 소재를 모두 포함하는 물질 또는 소재의 개념이며, 생체적합성 소재, 건강 기능성 식품 소재, 화장품 소재, 방충/제초제, 동물용 바이오 소재 등을 포함함
- 산업특성
 - 타 산업과의 융합을 통해 국가 발전을 위한 차세대 동력 산업
 - 식량, 환경, 에너지, 자원 등 인류 공동의 문제를 해결하는 핵심기술로, 바이오 신소재 산업 육성을 위해 국가 차원의 장기적 투자와 정책 마련이 시급함

- 바이오 자원 및 활성 메커니즘에 대한 연구에 의존도가 높은 사업
 - 다양한 분야의 연구결과를 활용한 생산기술에 기반을 두는 형태로 대형 블록버스터 제품보다 다품종 제품생산 형태로 변화하고 있음
- 국가적 성장산업으로 육성중인 산업
 - 바이오 활성 소재는 지속적인 바이오 제품의 대중화에 따라 시장 확대를 견인할 것으로 예상함. 나고야 의정서가 발효됨에 따라 생물유전자원의 이용에 대한 산업계의 철저한 대비에 대한 필요성이 대두되고 있음

○ 시장규모

- 바이오 활성 소재 분야 주요 품목의 2014년 국내시장 규모는 4조 9,819억 원으로 2013년부터 2018년까지 연평균 10.59% 성장하여 7조 4,651억 원 규모로 성장할 것으로 전망됨
- 바이오 활성 소재 분야의 국내 시장은 2014년 기준 천연 화장품 소재 분야가 2조 7,772억 원으로, 주요 품목 중 가장 큰 시장을 형성
- 그 외 품목의 2014년 시장규모는 건강 기능성 식품 소재 분야가 1조 8,397억 원, 천연항생제 소재 분야가 3,650억 원 규모의 시장을 형성



[그림 2-5] 바이오 활성 소재 주요 품목 시장 현황

○ 업체 현황

- 바이오 자원 및 신소재, 장기분야의 경우, 상당수의 제품이 상용화 단계 이전의 여구개발단계이기 때문에 대학 및 연구소 단계에 머물러있는 경우가 많은 상황임

- 실질적인 중소기업 참여 현황은 화장품 소재가 대부분이며 화학소재의 경우 농업 및 세제 등의 분야에 소수의 업체가 참여함
 - 참여 기업으로는 화장품 소재 연구개발 전문기업 바이오 스펙트럼, 친환경 농업용품은 농부팜한농(대기업)의 주도로 이루어지고 있으며, 그린바이오텍, KIBC 등의 중소기업, 기능성 효소 관련은 인트론 바이오, (주)CJ등이 있음
- 시장분석
 - LOHAS 및 웰빙 라이프 스타일의 확대와 건강에 대한 관심 증대로 인해 천연 지향적인 제품들의 수요 증가는 새로운 시장을 창출하고 있으며 시대적인 요구에 부응하기 위한 통합 관리 시스템 구축과 필요한 원천기술의 개발 및 확보가 시급한 실정임
 - 바이오 자원 개발 및 이를 이용한 시장 창출의 기대는 커지지만, 자원 부유국의 독과점, 국내 부존 자원 부족, 국내의 미흡한 대응으로 국외 산업환경에 적절히 대응하지 못하는 상황임
 - 국내의 원천기술 수준이 미비하여 대부분 기술이 국외 기술로 연구 및 사업화 진행에서도 높은 대외 의존도 경향 해소를 위하여 장기적 안목에서의 투자가 필요함
 - 법정부 차원의 R&D 지원과 생명 자원 소재의 연구 및 개발 정책을 강화함으로써 창조적인 바이오 경제 시대를 선도할 필요가 있음

4. 기술(R&D)동향 및 전망 분석

가. 어분

- 사료에서 가장 핵심적인 성분은 단백질이며, 이를 충족시키기 위한 단백질원으로는 동물성 단백질원과 식물성 단백질원으로 구분됨
- 특히 어분은 어류나 갑각류, 패류 등 농축수산물 성장에 필수적인 아미노산과 지방산을 공급하기 때문에 이들의 양식을 위해 중요한 원료가 될 수 있음
- 어분은 배합사료의 주요 단백질 공급원으로 외해의 소형 어류를 갈아 건조 분말 형태로 만든 것임. 높은 단백질 함량과 기호성 및 이용성으로 배합사료 원료 중 가장 많이 이용되며, 원료가 되는 어종에 따라 백색 어분과 갈색 어분으로 구분됨

- 백색어분 : 대구, 명태를 이용하여 생산된 어분으로, 모든 양식 어종에 잘 이용되며, 신선도 및 선어도가 높음
- 갈색어분 : 멸치, 고등어, 참치, 정어리 등으로 생산되는 어분

○ 기술특징

- 어분은 신선한 어류나 식용 어류의 가공 부산물을 삶고, 압축한 후 건조시켜 제조된 분말임. 국제어분어유기구(IFFO, The International Fishmeal and Fish Oil Organization)는 2009년 제조된 어분의 75%는 유영어(pelagic fish)로, 나머지 25%는 식용 어류 가공 부산물로 제조되었을 것으로 추정함
- 어분은 **가소화율이 높은 고품질의 단백질 원료**로서 기호성이 좋아 사료 섭취량을 높이기 때문에 양축용 사료로 널리 사용되고 있으며, 특히 양어 사료로 많이 이용되고 있음. 어분은 **에너지가가 높으며, 단백질, 지방, 광물질, 비타민 등 영양소 함량 및 구성 성분이 뛰어난 원료**임
- 어분은 60~72%의 단백질, 10~20%의 회분(ash), 5~12%의 지방으로 구성되어 있으며, 우리가 일반적으로 오메가-3 지방산으로 부르고 있는 EPA 및 D H A 등이 다량 함유되어 있음(IFFO,2011). 기본 형태의 어분은 수 세기 전부터 제조되었으며, 비료에서 연어 사료용으로 제조됨. 노르웨이에서 어분은 주로 사료 제조용으로 사용하고 있음. 어분과 어유 가격이 상승함에 따라 어분 및 어유 생산은 급속하게 발전함

○ 제조특징

- 어분의 제조공정은 크게 3단계로 구분됨
 - 1단계 : 어분 제조용 유영어를 검사 및 세척한 후 95°C에서 삶음(소독되며, 단백질과 기름이 분리됨)
 - 2단계 : 삶은 어류는 압축하여 남아있는 액성 성분과 물질들을 분리
 - 3단계 : 건조 및 분쇄함



[그림 2-6] 어분과 어유의 제조 공정

- 제조되는 어분은 4등급으로 구분됨
 - 고품질 어분(High Quality) : 송어 양식장 등과 같은 소규모 양식장에서 주로 사용
 - 저온처리 어분(Low Temperature Meal) : 스팀 건조에 의하여 제조되며, 소화가 아주 잘 되어 빠른 성장을 기대할 수 있어 연어 양식이나 돼지 사료로 적합함
 - 프라임(Prime) : 단백질 함량이 66~68%인 것
 - 보통품질(Fair Average Quality) : 열을 가하여 제조된 어분으로, 열을 가하는 과정 중에 단백질 일부가 파괴되어 단백질 함량이 저조함
- 기술수준
 - 어분의 경우 2016년부터 단계별로 생사료 사용을 제한하고 친환경적인 양어용 배합사료로 대체할 예정으로, 당분간 많은 수요가 발생할 것으로 예상하나, 최근 어류 부산물의 불법 유통에 따른 원료 부족으로 생산 자체가 줄어들고 있어 추가 연구개발이 필요함
 - 어분 및 어즙 흡착 사료의 경우 기술 개발을 통한 많은 노력과 투자로 우수한 품질의 제품을 생산하여 일본, 대만, 태국, 베트남 등에 수출함으로써 국내 동물성 단미사료 제조 기술의 우수성을 공식적으로 평가받고 있음
- 업체 현황
 - 국내 어분어유 포함 제조업체는 부산에 위치한 (주)동창, FCF, 인천의 우진 사료공업(주), 강원도의 동남수산, 현대특수사료(주)가 있음. 경남지역은(주)길보 사료산업, (주)제이, 청정밀이 있음. 또한, 경북지역에서는 (주)경동상사, (주)경동 물산, (주)동신에스엔에프에서 생산하고 있는 것으로 파악됨

나. 배합사료

- 배합사료는 가축의 사육목적에 맞는 영양소를 공급할 수 있도록 단미사료·보조사료 등을 적정한 비율로 배합 또는 가공한 것으로, 적정량의 고형물, 에너지, 단백질, 무기물 및 비타민 등을 함유하고, 주로 대규모 시설을 갖춘 사료공장에서 생산되는 것임
- 수분 함량에 따라 건조사료(EP)와 반건조사료(SEP)로 구분되는데, 수분 함량이 10% 내외인 것을 건조사료(EP, Extruded Pellet), 수분 함량이 20~30%인 것을 반건조사료(SEP, Soft Extruded Pellet)이라 함



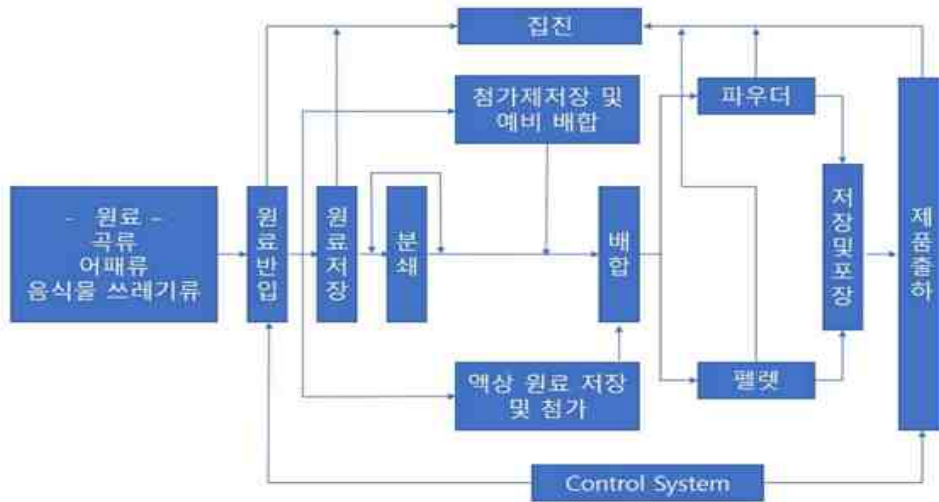
[그림 2-7] 생사료, 배합사료의 비교

- 단미사료와 보조사료가 혼합되어야 배합사료이며, 양축용, 프리믹스용, 대용유용, 반추동물용 섬유질, 그 밖의 동물·어류용 배합사료가 있음
 - 양축용 배합사료 : 고기소, 젓소, 돼지, 닭, 오리, 꿩 등 축종별로 분류됨
 - 프리믹스용 배합사료 : 비타민제와 미량광물질류를 주원료로 하고, 필요에 따라 아미노산제 등의 보조사료와 부형제를 혼합하여 균질화한 것
 - 대용유용 배합사료 : 주로 어린 가축을 위한 것으로, 교차오염방지를 위하여 반드시 규격에 따른 제조시설에서 제조함. 주로 유당, 유장 등을 혼합하고, 필요에 따라 비타민제 등의 보조·단미사료를 첨가함.
 - 반추동물용 섬유질 배합사료 : 섬유질 사료를 분쇄, 가열 등으로 처리하거나, 수분조절 또는 기호성 증진을 위하여 곡류, 강피류, 박류, 식품가공부산물류, 광물질류 또는 보조사료를 첨가한 후 균제, 효모 등을 이용하여 발효시킨 것으로서 조섬유의 함량이 건물 기준으로 15% 이상인 것(다만, 큰 소비육 단계의 경우 10% 이상)임
 - 그 밖의 동물·어류용 배합사료 : 실험용 동물, 애완용 동물, 사육하는 동물, 수산동물을 위한 것임
- 제조공정
 - 양축용 배합사료의 제조시설은 공장건물, 저장시설, 분쇄시설, 배합시설, 계량시설, 정선시설, 먼지 제거 시설, 포장시설, 수송장치, 작업공장에 대한 시설기준이 제시되어 있음

〈표 2-11〉 양축용 배합사료 설비

제조시설	시설기준
공장건물	내화성 건물로써 제품생산에 지장이 없어야 함
저장시설	주원료와 부원료를 저장할 수 있는 저장설비를 갖추고, 생산된 제품을 저장할 수 있는 저장설비를 갖추어야 함
분쇄시설	분쇄할 수 있는 설비를 갖추어야 함
배합시설	주 배합 기와 예비 배합기를 각각 설치하되, 생산능력에 지장이 없을 정도의 설비여야 함
계량시설	각 원료 및 제품을 계량할 수 있는 계량기를 각각 갖추어야 함
정선시설	제조 과정에서 쇄불이와 이물질을 제거할 수 있는 제철 및 정선설비를 갖추고 있어야 함
먼지제거시설	제조 과정에서 생기는 먼지를 제거할 수 있는 장치를 ‘대기환경보전법’에 따라 갖추어야 함
포장시설	제품 단위별로 봉합할 수 있는 반자동 이상의 봉합설비를 갖추어야 하나, 산물만을 생산하는 경우에는 필요하지 않음
수송장치	모든 원료 및 제품을 수송할 수 있는 동력 운송장치를 갖추어야 함
작업공장	일관작업을 할 수 있는 반자동 또는 완전자동 설비여야 함

- 배합사료 제조공정은 생산된 단미사료, 사료첨가제, 미생물첨가제, 보조사료 등을 사용 목적에 따라 적절한 비율로 배합하여 펠렛 형태 또는 후레이크 형태로 제품화하는 공정으로 이루어짐
- 대용유용 배합사료의 제조시설 경우에는 분쇄시설의 경우 곡물 분쇄시설을 갖추어야 하며, 반추동물용 섬유질 배합사료의 제조시설은 공장건물, 저장시설, 혼합시설, 계량시설, 포장시설, 수송장치가 필요함. 그 밖의 동물·어류용 배합사료의 제조시설은 공장건물, 저장시설, 배합시설, 계량시설, 정선시설, 포장시설, 분쇄시설을 갖추어야 함



[그림 2-8] 배합사료 제조공정

○ 핵심기술

- 배합사료의 핵심기술은 사료배합비 작성 기술, 사료의 가공 기술, 사료의 품질 관리 기술, 사료의 가치평가 기술로 나눌 수 있음. 폐사어가 주로 활용되는 양어용 배합사료 기술을 분석하였음

- 사료배합비 작성기술

- 양식장의 경영에 있어 사료비가 차지하는 비중은 총 생산비 중 가장 크고, 사료 제조원가 중 원료비의 비중이 가장 크기 때문에 어류의 생산성과 사료의 이윤을 가장 잘 충족하는 사료배합비를 작성하는 것이 중요함
- 사료배합비를 작성하기 위해서는 사료 배합에 사용될 수 있는 사료 원료들의 명세, 사료 원료들의 가격, 각 사료원의 영양소 함유량 및 이용률, 대상어종에 대한 영양소 요구량이 필요하며, 사료원의 특성으로는 공급의 제한성, 독성, 물리적 성상에 주는 영향 등의 타당성 검증 기술이 우선되어야 함
- 사료배합비 작성 기술은 정량사료, 사료의 일반계산법 (수학적 공식\ 선형계획에 의한 사료 배합, 컴퓨터를 이용한 배합 설계, 배합표 작성 프로그램의 응용 등을 이용할 수 있음

- 사료의 가공기술

- 배합사료 가공기술의 발달은 안정된 사료의 지속적인 공급으로 사양 관리 체계의 단순화 장점이 있는 반면, 가공 시 부가되는 열이나 압력 등에 의한 손실 문제가 보완되어야 함. 사료의 가공 기술은 공정과정에 따라 크게 펠렛팅과 익스트루전 방식으로 나눌 수 있음

- 펠릿팅은 증기 첨가에 의한 일반적인 방식으로 가고 처리에 의한 사료는 물에 쉽게 가라앉는 특성으로 인해 침강사료로 만들어짐. 전체공정은 분쇄, 혼합, 펠릿팅, 냉각의 4가지 주요 단계로 이루어지며, 제조 공정상 지방 함량이 높으면 혼합물 입자 간 결합력이 떨어지며, 수중에서도 안정도가 감소함
- 익스트루전은 분쇄된 혼합물에 물을 첨가하여 반죽 형태로 혼합한 후, 증기의 첨가와 더불어 130℃ 전후 가열하여 익스트루더의 고압력 바렐에 있는 축(스크류)에 의해 압축한 다음 용출하여 사료를 팽창시키는 공정임. 익스트루전 가공은 증기를 투입하는 습식 방식과 강한 압력에 의해 필요한 열만 생성하여 사료를 제조하는 건식 방식이 있으며, 익스트루저 가공을 거친 EP 사료는 용적 중 (g/L)에 따라 수중의 물리적 성질이 달라짐

〈표 2-12〉 익스트루더의 1축(스크류)형과 2축형 비교

	1축형	2축형
물질이동	운반능력이 낮음	운반능력이 높음
원료점도의 의존도	높음	낮음
혼연성 (쿠킹)	약함	강함
역류의 발생빈도	높음	약함
제조능력 (원료의 물·지방 압력)	좌우됨	좌우되지 않음
원료의 허용 수분	10~30% (전처리 공정에 첨가)	10~ (직접 첨가 가능)
원료의 허용 지방	0~5% (전처리 공정에 첨가)	10~ (직접 첨가 가능)

- 사료 품질관리 기술

- 사료의 영양학적 가치는 제조 가공보다 원료의 품질관리 기술개발이 필요하며, 이러한 기술은 크게 원료의 품질관리, 제품의 품질관리 및 품질검사 방법으로 분류됨
- 원료의 품질관리는 구매, 검수, 성분 분석 및 저장과정에서 엄격하고 효율적인 품질관리가 필요함
- 제품의 품질관리는 시료를 채취하여 제품의 외관상 특성을 점검하여 냄새, 색상, 이물질의 혼입 여부, 분쇄입지도, 외형, 가공상태, 용적중(침강, 반부상, 부상) 등을 확인한 후 이화학분석 및 미생물 검사 등을 통해 공정규격에 맞는지 품질검사가 필요함

- 사료 가치평가 기술

- 제품 사료의 실질적 가치는 성장실험, 소화율 평가, 물고기 몸체 분석, 혈액학적 분석 등을 통해 평가가 필요하며, 이 결과에 따라 양식현장 사육가들의 제품 구입 여부가 결정됨
- 성장실험의 가치평가는 가장 기본적인 방법으로 특정 사료를 일정 기간 공급한 후 어류의 사료섭취량, 증체량, 사료효율, 단백질 이용률, 일간 성장률, 비만도, 생존율 등의 평가가 필요함
- 소화율 평가는 사료 내 영양소와 에너지의 소화율을 평가하는 방법으로, 이를 측정하기 위해서는 분을 채집할 수 있는 장치가 필요하며, 실험 사료 내 어류가 소화, 흡수할 수 없는 지시제를 첨가하여 간접적으로 평가함
- 어체분석은 일정 기간 사료 공급한 후 어류를 도살하여 여러 가지 성분분석이 필요하며, 혈액분석은 전혈 분석과 혈청 분석으로 나뉘어 평가함

- 기술발전 방향

- 양어용 배합사료 시장규모가 작아 사료의 품질 개선을 위한 시설 교체 및 연구개발 등에 대한 투자가 미흡하며, 양어 사료 시장을 상위 7~8개 배합사료 생산업체가 80% 이상 공급하고 있어 소규모 업체가 공급하는 사료의 품질, 성분 등에 대한 불신이 존재함
- 최근 정부는 수산자원과 환경 보호를 위하여 2016년부터 친환경 배합사료 사용 의무화를 위한 법 제정을 추진한다고 밝힘. 향후 친환경 배합사료 연구 개발, 정책지원 강화 등으로 배합사료 사용 비율이 점차 늘어날 것이며, 앞으로 배합사료 생산량은 200,000톤 이상을 상회할 것으로 전망되어 국내 양어 사료 산업도 크게 성장할 것임
- 양식산업의 지속적인 발전을 위해서는 우선 우수한 성장 및 수질 오염 경감을 동시에 할 수 있는 **고효율 배합사료 품질 개선의 기술개발에 초점을 맞추어야 하며, 어분에 대한 수요 공급 불균형으로 인한 가격 상승은 어분을 대체할 수 있는 저어분 배합사료 연구개발로 원가절감이 필요함**
- 고효율 배합사료 개발과 함께 주요 어종별 사료공급 프로그램이나 매뉴얼을 개발하여 보급하며, 배합사료 안전성 확보와 품질을 지속해서 유지 개선하기 위해서는 품질관리 관련된 기술도 함께 발전되어야 함
- 국내 우수한 배합사료 기술력을 바탕으로 실용화기술로의 발전, 수산물 안전성 확보 등 중점분야 선택 및 적극적인 연구개발비 투자로 국제 경쟁력 확보가 필요함

- 기술동향

- 기온 변화에 따른 사료 섭취량 조절
- 기온이 낮을 때 체온 유지를 위한 에너지 요구량이 증가하고, 증가되는 에너지 요구량을 충족시키기 위해 기온 변화에 따라 사료 섭취량이 변화됨. 가축의 아미노산 요구량은 비교적 일정하나, 가축의 과잉 사료섭취가 일어날 경우 아미노산 과잉 섭취가 발생하며, 이 경우 기온에 따라 사료 내 아미노산 비율을 조절하여 아미노산 섭취량을 조절함
- 영양 성분을 충족시키는 사료 설계 필요
- 원료에 따른 내생 질소량이 제시되어 있어, 보다 정확하게 아미노산 요구량을 충족시킬 수 있는 사료 설계가 가능함. 각 축종에 따라 필수 아미노산 요구량과 종류가 다르며, 이들 각각의 필수 아미노산은 제 1제한 아미노산 대비 필요량이 정해져 있어 그 비율이 맞지 않을 경우 최적 성장이 이루어질 수 없음
- 필수 아미노산에 대한 연구와 함께 비 필수 아미노산으로 분류되었던 아미노산들의 연구도 진행되고 있음. 대표적인 아미노산으로 아르지닌과 발린을 들 수 있으며, 필수 아미노산 모두와 이들 아미노산들이 미생물 발효 공법 또는 화학적으로 합성되어 사료에 첨가되고 있음
- NIR Spectroscopy(근적외선 분광학)를 이용하여 배합사료 완제품 또는 원료들의 일반 성분을 분석하고, 그 결과를 활용하는 기술은 사료 회사에서 많이 활용되고 있음. 일반 성분만이 아니라 전분, 아미노산, 지방산 등의 분석에서도 활용하는 방안은 매우 다양하며, 최근에는 분석한 일반 화학 성분을 활용하여 다양한 에너지 함량까지 추정, 계산하여 제공하는 서비스까지 상품화되고 있음. 연속 생산공정 중에 설치되어 비파괴 방식으로 생산되는 제품의 수분, 단백질, 지방 등을 연속적으로 모니터링하여 제품의 품질을 관리할 수 있는 방법도 실용화되고 있음. NIR Spectroscopy를 이용하여 일반 화학 성분을 분석할 경우, 분석 시간이 짧고 분석 비용이 저렴한 장점이 있으나, 신뢰할만한 분석 결과를 얻기 위해서는 사전에 수많은 샘플을 분석한 데이터가 축적되어야 함
- TMR 사료의 이용
- TMR(Total Mixed Ration)이란 소의 유지와 증체 및 고기나 우유 등의 생산 활동에 필요한 모든 영양소 요구량을 완벽하게 갖춘 완전 혼합사료를 말하는 것으로, 농후사료와 조사료 및 첨가제까지 소가 요구하는 영양소 요구량

을 충족시킨 사료를 TMR사료라고 함. TMR사료를 섬유질 배합사료라고도 하며, 조사료와 농후사료를 잘 섞어 급여하는 방식임

- 주변에서 쉽게 구할 수 있는 미강이나 깻묵, 버섯부산물, 비지, 맥주박 등의 농산부산물을 함께 섞어 먹이면 사료비를 줄일 수 있는 장점이 있음
- 한우의 성장단계별로 필요한 영양소가 다르고 부산물별로 영양소 함량이 다르기 때문에 농가에서 섬유질 배합사료를 만들 때는 적절한 가이드라인을 준수해야 하며, 성장단계별 사료 급여량도 적정 수준을 유지해야 함. TMR 사료를 섭취하는 한우는 농후사료와 조사료를 동시에 섭취하기 때문에 반추위의 급격한 산성화를 방지하고, 육성기 한우의 반추위와 소화기관의 발달을 도와 농후사료와 조사료를 분리 급여하는 사양 체계에 비해 고 급육 생산에 유리함
- 분리와 혼합이라는 기본적인 차이 이외에 TMR사료는 다양한 농식품 제조 부산물을 사료 원료로 이용할 수 있는 장점이 있으며, 이들 부산물은 가격은 저렴하지만 충분한 영양소를 함유하고 있어 가격이 높은 원료 사료를 대체해 사료비를 절감할 수 있음
- 자가배합방법
- 자가배합할 때에는 영양소 함량을 맞추기 위해 원료 사료의 영양가를 정확히 알아야 하며, 입고되는 원료마다 분석이 이루어져야 하지만 현실적으로 쉽지 않기 때문에 축산기술연구소의 한국 표준사료 성분표의 내용을 참고하기를 권장함
- 가축의 성장 및 생산능력에 적합한 배합사료의 영양소 농도는 보급된 프로그램에 기재된 내용을 활용하거나, 사양 표준이나 사료 배합제 제조업체의 사양지침을 참고하여 결정한 후 원료 사료의 영양가와 가격을 바탕으로 배합비를 작성함
- 원료를 선택할 때에는 구매가 항상 용이하고 성분 변이가 적은 원료를 선택해야 하며, 영양소의 과부족을 사전에 방지해야 함
- 생산된 배합사료는 빠른 시간 내에 신선한 상태에서 급여하여야 하고, 건식 사료는 수분 함량이 낮은 상태에서 보관해야 함
- 국립축산과학원에서는 농산부산물의 유통을 촉진하기 위해 스마트폰용 “농산부산물 정보제공 프로그램” 어플리케이션을 개발 및 보급하였고, 부산물의 사료 가치를 소개하면서 ‘직거래 장터’를 함께 운영하고 있음

- TMR사료의 자가 배합을 위한 배합비 작성이 어려우므로, 농가에서는 보다 쉽게 배합비를 작성할 수 있도록 한 국립축산과학원의 컴퓨터 프로그램을 다운받아 이용할 수 있음

○ 사료 관련 규제

- 사료의 품질관리 및 안전성 확보

- 사료의 위생관리법 제 20조에서 사료 제조업자 또는 수입업자는 해당 제품에 대한 품질 관리 및 안전성 확보를 위해서 사료 공정상의 적합성, 성분 등록된 등록 성분과의 차이, 원료나 제품의 안전성 등을 평가할 수 있는 시설과 능력을 갖추도록 규정되어 있음. 이를 위해 고가의 장비와 분석 능력 등이 필요하며, 많은 비요소가 인력이 소요됨
- 이러한 실정을 고려하여 사료의 위생관리법 제 20조 제 2항에서는 농림축산식품부 장관이 인정하는 자 (사료검정인정기관)에게 자가품질검사를 의뢰하여 검정할 수 있다고 규정하고 있으며, 자가품질검사의 기록은 2년간 보관하도록 하고 있음

<표 2-13> 사료 검정 기관 지정 현황

No.	기관명	검정내용
1	국립농산물 품질관리원 시험연구소	· 사료검사기관에서 의뢰하는 사료의 검정
2	농촌진흥청 축산기술연구소	· 사료 공정설정을 위한 사료 검정 · 성분등록을 위한 사료 검정 · 자가품질검사를 위한 검정 · 사료검사기관에서 의뢰하는 사료의 검정(소해면상뇌증 관련 검사에 한함)
3	농협중앙회 중앙분석센터	· 재검사 사료의 검정 · 수입 사료 검정 · 성분등록을 위한 사료 검정 · 자가품질검사를 위한 검정
4	사단법인 한국사료협회 사료기술연구소	· 재검사 사료의 검정 · 수입 사료 검정 · 성분등록을 위한 사료 검정 · 자가품질검사를 위한 검정
5	사단법인 한국단미사료협회 사료분석소	· 재검사 사료의 검정 · 수입 사료 검정 · 성분등록을 위한 사료 검정 · 자가품질검사를 위한 검정
6	국립수산과학원 사료연구센터	· 사료검사기관에서 의뢰하는 사료의 검정(어류용 배합 사료 검사에 한함)

- 사료의 위생관리 및 품질관리

- 사료는 가축에 필요한 영양소를 균형있게 갖추는 것은 물론 위생적인 측면이 반드시 고려되어야 함. 적절한 위생처리가 이루어지지 않을 경우 살모넬라 오염 등이 발생할 수 있는데, 이는 주로 동식물성 원료에서 기인하며, 위생적으로 처리되지 않은 기타 원료들이나 적절한 온도와 함습도 등 주변 환경에 의해 영향을 받을 수 있음
- 사료의 생산성에 대한 농가들의 관심이 커지면서 사료품질에 대한 눈높이도 높아질 것으로 전망되며, 향후 사료업체들의 품질 경쟁도 갈수록 두드러질 것으로 예상됨
- 국립농산물품질관리원 시험연구소는 국내 사료 검정의 94%이상을 수행하는 국가 기관으로 사료의 안전과 품질관리에 관한 검정 업무를 1999년부터 수행해 오고 있음. 주요 품질 성분은 수분, 조회분, 조단백, 조지방, 조섬유, 아미노산, 칼슘, 인 등이며, 안전성 성분으로는 잔류농약, 동물용 의약품, 중금속, 곰팡이 독소, 동물성 유래 단백질, 말라카이트그린 등임

- 사료공장 HACCP 제도

- 사료공장 HACCP 제도의 도입배경은 가파르던 사료생산량의 상승곡선이완만해진 1990년대 중반 이후 종종 논의되면서, 몇몇 사료공장들이 외국의 컨설팅사와 연계하여 선제적으로 HACCP 제도에 대해 준비하였음
- 2001년 농림부가 사료관리법에 위해요소 중점관리 기준을 명시하면서 제도 시행에 대한 법적인 절차가 마련됨. 이후 농림축산자원부가 사료공장위해요소 중점관리기준을 고시함에 따라 본격적으로 시행되었음
- 사료공장의 HACCP 제도는 원료 사료의 도입, 사료제조 및 가공, 사료 출하에 이르는 과정에서 위해물질이 혼입, 발생하는 것을 감소, 예방하는 체계적 방안임
- 사료의 안전성은 생물/화학/물리적 위해물질 등의 발현과 잠재적인 위험 등에 따라 좌우되는데, 허용 가능한 수준으로의 감소를 목적으로 함

<표 2-14> 사료 내 혼합가능 동물용 의약품의 종류 및 허용기준

동물용 의약품 종류	적용 대상 사료 및 허용기준
살리노마이신, 모넨신나트륨, 라살로시드나트륨, 나라신, 마두라마이신, 암모늄, 샘두라마이신, 크로피돌, 펜벤다졸, 디클라주릴	배합사료 중 착유용, 산란용, 큰 소비육후기용, 비육돈 출하용, 육계출하용에 한하여 미검출되어야 함

- 국내사료의 수출활성화를 위하여 작업장 승인(On-site Inspection), 검역 기준 마련을 통한 검역 문제 해결이 필요하며, 기업에서 조사하는데 한계가 있는 해외 시장 조사 제공을 통해 해외 신규거래처 발굴 할 수 있도록 해야 함. 또한, 해외 박람회 지원, 연구기반시설 확충 등이 필요함

다. 기능성 소재

- 양식장에서 발생하는 폐사어는 단백질원으로 재사용 할 수 있으므로, 이를 위하여 폐사어 발효를 통한 양식용 어분대체원 개발, 유기질 비료개발 등과 같은 연구가 시도되고 있음
- 폐사어는 어육과 껍질을 이용하여 식품, 화장품, 의약품 등에 적용되는 소재로 활용 할 수 있음. 어육은 고압, 가열처리를 통해 어병세균과 오염물질을 살균한 뒤, 효소분해처리 등을 통해 저분자화된 고급단백질원 사료로 활용 가능함. 또한, 껍질 부분은 껍질 중에 함유된 기능성 단백질인 저분자 콜라겐 펩타이드를 추출하여 기능성 사료 첨가제로 활용할 수 있음
- 기술특징
 - 기능성 소재는 어류의 구성성분인 단백질, 지방질, 탄수화물, 무기질, 수분 등에 따라 달라지며, 어류의 구성성분 중 이용가치가 높다고 평가받는 소재원은 콜라겐 펩타이드와 칼슘, 앤서린, 콘드로이틴 황산, 오메가-3 계열 지방산이 있음
 - 앤서린
 - 포유류의 골격근과 뇌에서 발견되는 저분자 펩타이드(두개 이상의 아미노산이 결합해 만들어지는 화합물)로, 어류에서는 참다랑어와 가다랑어에 많이 들어있음. 체내에서 칼슘을 옮기는 등의 역할을 담당하며, 항산화 효과 및 성인병, 노화 억제 기능을 가짐
 - 칼슘
 - 신체 내에서 가장 많은 무기질임. 근육이나 신경기능을 조절하고, 혈액을 응고 시키는데 도움을 줌. 그 외 근육의 수축 및 이완, 심장박동유지, 효소활성화 및 영양소의 대사작용 등에 관여함. 멸치가 다량으로 함유하고 있음
 - 콘드로이틴황산
 - 동물의 연골조직을 구성하는데 중요한 요소로, 어류에서는 상어와 가오리의 연골조직에 다량으로 존재함. 어류에서 얻는 콘드로이틴 황산은 피부 복

원관절과 인대조직의 부드러움, 각막과 수정체의 탄성과 투명성을 유지 하는데 도움을 줌. 또 한, 뼈의 성장을 촉진하고, 골다공증 예방에 이바지 하는 등 의학 분야뿐만 아니라 식품, 건강음료 재료로써도 활용 가능성이 큼

- 오메가-3

- 오메가-3는 오메가 3 지방산을 의미하며, 인체에 유익한 지방산인 불포화 지방산으로 DHA(Docosa Hexaenoic Acid), EPA(Eicosa Pentaenoic Acid), ALA (Alpha Linolenic Acid) 등을 통칭함. 인체 대사활동에 필수적인 지방산 이지 만, 사람 체내에 합성 효소가 없어 음식으로 섭취해야 함
- 오메가-3는 식용 가능한 어류·수서동물·조류에서 채취한 유지를 정제 한 것 으로, 식품의약품안전처에서 혈행 개선 및 혈중 중성 지방개선용 건강 기능 품목으로 인정받음. 주 성분추출기술과 대체 원료원 개발 기술이 핵 심 기 술이며, 맛 과 향에 대한 거부감을 제거하기 위해 향미가 개선된 추출 기술 및 크릴새우 등 대체 원료원에서의 추출 기술이 활성화되고 있음
- 어류를 이용한 기능성 소재는 식품이나 건강식품원료, 화장품 등으로 활용되 어 자율신경계의 조절작용 이상을 방지하거나 치료하는 생체조절 분야, 질병 예방 및 회복 분야, 노화 억제 분야 등에서 여러 가지 효능을 발휘함
- 연구에 따르면, 기능성 소재를 활용한 기능성 식품의 세계시장 규모는 증가 하고 있는 추세이며, 주로 푸른생선의 불포화 지방산인 오메가-3에서 얻을 수 있는 EPA/DHA 제품을 중심으로 시장이 성장한 것으로 보임. 지속적인 해양 생명공학기술의 발전에 따라, 의약 및 식품분야 간의 기술융합을 통해 관련 산업이 지속적으로 발전할 것으로 사료됨

○ 기술적용분야

- 기능성식품소재

- 기능성 식품의 기능성은 인체구조 및 기능에 대하여 영양소를 조절하거나, 생리학적 작용 등과 같은 보건용도에 유용한 효과를 얻는 것임. 기능성 식 품 소재는 기능이나 최종제품의 형태, 출처 등에 따라 분류 할 수 도 있지 만, 기본적으로는 소재 자체의 종류에 따라 구분함. 기능성 식품에 사용 되 는 원료 및 소재의 유형으로는 특정 식품을 가공한 것, 식품의 특정 성분 을 추출 한 것, 식물을 제품화한 것, 식물 성분을 추출한 것 등이 있음

〈표 2-15〉 건강기능식품의 기능성 분류

기능성 구분	내용
질병발생 위험감소 기능	질병의 발생 또는 건강상태의 위험감소와 관련한 기능
생리활성 기능	인체의 정상기능이나 생물학적 활동에 특별한 효과가 있어 건강상의 기여나 기능향상 또는 건강유지, 개선을 나타내는 기능
영양소 기능	인체의 정상적인 기능이나 생물학적 활동에 대한 영양소의 생리학적 작용

- 기능성 식품소재의 핵심기술은 인체에 유용한 기능성을 가지면서도 안전한 유효성분을 발굴하여 여러 생물자원으로부터 추출하거나 합성하는 것에 있으며, 주로 기능성 지질, 단백질, 탄수화물, 기타 소재기술로 나뉨
- **기능성 지질 소재** : Mono/Di/Tri-Glyceride, 단일 및 고도불포화지방산, 포화지방산, 중쇄지방산, 지방산알코올, 인지질, 카로티노이드, 세사민 등이 있음. 지질신소재는 이를 생산하는 생물자원의 품종개량이나 유전자조작을 통해 중요성분의 함량을 증진시킴으로써 생산 할 수 있음. 지질은 단백질이나 탄수화물 보다 두배 가량 많은 열량을 내기 때문에 과다섭취시 비만, 심장 질환, 암 등 건강상의 문제를 유발 할 수 있어, 열량 함량을 낮추면서 도 특유의 기능성을 살릴 수 있는 지질 소재를 개발할 필요성이 있음
- **기능성 단백질 소재** : 단백질계 건강 기능성 식품소재로는 로열젤리, 효모, 화분, 조류, 배아, 자라 가공식품 등이 있음. 식품 중의 단백질은 섭취 된 후 가수분해되는데, 이때 생성되는 펩타이드나 아미노산이 여러 가지 기능을 갖게 되며, 펩타이드는 매우 다양한 생체 조절 기능을 나타냄. 단백질 소재 식품 형태로는 단백질 분리 가공식품, 단백질분해물 가공식품, 효소 분해 가공식품이 있음
- **기능성 탄수화물 소재** : 고분자 탄수화물 인식이 섬유는 인체의 소화 효소에 의해 소화되지 않는 난소화성 성분으로, 영양적인 면에서 주목받지 못했으나, 최근 건강유지를 위한 중요인자로 각광받고있음. 소화관 내 변의 체류시간 단축 및 대변의 양을 증가시키는 불용성식이섬유(현 미, 통 밀, 배아, 오이 등 채소 또는 곡류)와 만복감의 부여, 포도당의 흡수지연, 혈중콜레스테롤 저하 등의 생리작용을 갖는 수용성 식이섬유(사과, 꿀, 호박 등의 펙틴, 호밀, 보리, 말린 콩 등의 검, 해조다당류 등)가 있음

- **기타 소재** : 당 알콜류인 자이리톨, 솔비톨, 만니톨 등이 설탕 대체 감미료로 이용되며, 카로티노이드는 천연색소로 활용됨. 코엔자임 Q10은 노화와 관련한 기능을 가지며, 바나린, 엽산, 비타민 등이 있음

- 화장품 소재

- 화장품은 인체를 청결·미화하여 매력을 더하고 용모를 밝게 변화시키거나, 피부·모발의 건강을 유지하고 증진시키기 위해 사용되는 물품으로, 주요원료는 부형제, 활성성분, 첨가제, 착향제 등임. 화장품의 안정성 및 유효성에 대한 소비자들의 관심은 기능성 화장품 소재시장의 확대와 천연 화장품, 코스메슈티컬(약용 화장품), 바이오 화장품 등의 수요를 유발하고 있음
- **천연 화장품** : 생명 공학 기술의 발달로 자연환경 악화와 외부 유해환경 인자들로부터 인체 고유의 보호기능과 항상성을 유지해주는 자연유래 천연성분이 기능성 화장품 소재로 적용되고 있음. 천연 화장품은 화장품의 원료에 천연 추출물 또는 천연 유래 성분이 1% 이상 포함된 것으로, 천연 화장품의 원료는 천연 식물소재, 과일 유래, 해양 유래 성분들로부터 수득된 천연물을 정제하거나, 여러 물질이 함유된 추출액 형태로 배합되며, 정제수, 오일과 같은 기본성분 또는 미백, 주름방지, 육모 등의 기능성 활성 성분으로 사용됨. 물질 내 유효 성분 함량이 일정하지 않고, 장시간 보관이나 대용량 생산이 어렵다는 단점을 지니기 때문에, 소재 경쟁력을 위해 대량화, 표준화, 효능 검증, 제형화 능력을 갖추어야 함
- **코스메슈티컬(Cosmeceutical)** : 화장품(Cosmetics)과 의약품(Pharmaceutical)의 합성어로, 의학적으로 검증된 성분을 함유한 기능성 화장품 임. 피부과에서 판매되는 등 고가의 가격 및 유통한계가 있었으나, 해외 유명 브랜드들의 입점 및 일용잡화점(드럭스토어) 확대로 화장품의 한 분야로 자리잡은 고부가가치 품목임. 이의 성장은 화장품에 유효한 기능을 제공하는 활성 소재 기술의 중요성을 부각시킴
- **바이오 화장품** : 생명공학을 응용하여 만들어진 물질을 주성분으로 함유한 제품으로, 줄기세포기술, 유전자 재조합 기술 등을 활용하여 미백, 주름 개선, 피부노화방지와 같은 기능을 하는 기능성 화장품을 의미함. 화학적 합성 제품 대비 피부에 안전한 것으로 여겨지고 있으며, 화장품 기업들은 화장품 산업의 패러다임이 신기술과 고 효능 중심으로 변화함에 따라 바이오 기술 역량 확보에 주력하고 있음

2절. 환경분석에 대한 시사점 도출

1. 환경분석에 대한 종합 시사점 도출

- 양식부산물의 산업적 활용을 위하여 재활용환경성 평가에 따라 재활용승인을 받고, 법제도 개선을 통한 고차 활용 산업제품을 개발 할 수 있는 고부가가치 자원재활용 기술개발이 필요함
- 양식부산물의 재활용환경성 평가에 따른 재활용승인
 - 양식부산물의 고부가가치 재활용·순환자원화를 위하여 ‘재활용환경성평가’를 승인 받은 후 재활용을 할 수 있음
- 기능성 사료 및 첨가제 활용
 - 양식 넙치 양식부산물 등에서 기능성 물질을 추출하여 양식·축산 사료 및 사료첨가제의 소재로 재활용·순환자원화 함으로써 어분의 가격 인하와 기능성 배합사료 개발
- 고부가가치 의료소재(기기), 의약품, 화장품, 식품 소재 활용
 - 양식 넙치 양식부산물 등에서 우수한 생체적합성 및 조직재생효능을 보유한 해양융합형 조직재생용 의료소재를 개발하고 이를 적용한 의료기기 개발 등을 재활용·순환자원화의 방안
 - 양식 넙치 양식부산물 등에서 생체적합성 물질들을 추출하여 의약품, 식품, 화장품(어류부산물 안구에 함유된 히알루론산 등 활용) 등의 소재로 재활용·순환자원화
- 2차 양식 등 어류 부산물의 재활용 및 재순환 방안
 - 현재 양식 등 어류부산물의 활용과정(어분 제조과정)에서는 탈리액 등의 2차 부산물이 발생하고 있는데, 이를 재활용·순환자원화
- 제도개선 방안
 - 자원순환기본법령의 개정, 수산부산물 재활용·순환자원화 촉진에 관한 법률제정, 식품 재활용·순환자원화 촉진에 관한 법률 제정, 폐기물관리법령의 개정, 양식산업발전법령의 개정·제정의 방안을 모색함

제3장 연구개발수행 내용 및 결과



제3장

연구개발수행 내용 및 결과

1절. 공청회를 통한 Needs 분석

1. 국내수요자(민·관·산·학계를 모두 포함)의 공청회를 통한 Needs 분석

- 「양식산 업치 폐사어의 자원화 방안 기획 공청회」 실시



- 일시 : 2019년 6월 7일 (금)
- 장소 : 제주어류양식수협 대회의실
- 참석자 : 전문가 : 양귀웅 대표(제주수협유통주식회사), 강문수 전문위원
제주어류양식수협 : 한용선 조합장, 김광익상임이사, 홍학수 경제상무, 오동훈 기획상무
제주대학교 : 이영돈 교수
한국광어양식연합회 : 이윤수 회장

- 현재의 제주 사료가공 공장능력으로는 폐사어 처리를 전체 수용할 수 없음
 - 육지에서 무상으로 가져가 자원화 시키고 있음
- 폐사된 광어는 안전성 확보와 표준화 문제가 있어 이를 잘 고려해야함
 - 폐사된 광어로 광어 어분을 만드는 것은 정서상의 문제가 있어 활용도가 낮을 것임 (축산에서도 동종의 사료는 사용하지 않음)
 - 폐사된 광어는 병원균, 질병, 항생제 등으로 인해 표준화가 어려움
 - 사회적 인식을 바꾼다는 것은 어려워 국내 광어 사료로는 맞지 않으며, 국내 순환 시키는 점에서도 어려움이 있을 것임
- 현재 제주 현안 문제를 해결 후 고차 이용방법 연구를 진행해야함
 - 어분이 제조되고 있지만 탈리액을 처리할 수 없어 육지에서 해결하고 있음
 - 제주에서 통합 시스템으로 처리할 수 있는 공정 자체를 만들어야함
 - 폐사어 활용은 실용화를 목표로 해야 함
- 폐사어를 활용한 사료 개발 연구를 시행해야 함
 - 숭어, 우럭 등의 사료로 활용이 가능할 것으로 생각되어짐

- 완도의 경우 비료를 만들 때 자원이 없어 구매 후 사용하고 있음
- 백색어분은 어분 중에 최고임
- 안전성을 검토해야 하며, B/C가 맞을지 등 상용화 요소를 고려 추진
- 제품 제조 후 수출하여 외국에서 먼저 인정을 받는 것도 좋은 대안일 것 같음
- 수요처를 찾아야함
- 폐사된 광어는 양식용이 아닌 **축산 및 소재원료 등 다른 용도로 활용해야 사업의 성공률이 높음**
 - 안정성이 확보되면 다양한 분야로 활용이 가능함
 - 어분으로 한정지을 필요가 없음
 - 콜라겐 함량이 높아 소재산업 등에 활용될 분야가 많을 것임
 - 비료 외에도 고차 가공원료를 만들어 공급하는 것은 매우 긍정적임
- 기획 후 본 사업은 **경영분석이 우선순위로 진행되어야 상용화 가능**
- 현재 수협에서 어육을 생산하고 있고, 고품질의 어육을 생산하려고함
 - 생산되고 있는 어육은 등급이 낮아 B급 이상의 어육을 생산하는 것을 도와준다면 조합원들에게 도움이 될 것임
- 비상품 광어와 폐사어 연구를 병행하여 진행해도 좋을 것임
 - 500 g 이상을 상품 광어로 결정이 되면, 200~500 g는 비 상품이 되기 때문에 이를 활용해야함. 비상품 광어는 항생제에 자유로움
- 광어 폐사어가 줄었을 대안(저·고수온기 및 비상품 어류)도 고려해야 본 사업 평가에서 강점을 가질 수 있음
- 제주 광어 산업을 성공시키기 위해서는 우량종 개발이 우선되어야함

2절. 기술가치 도출

1. 기술가치 도출 분석

가. 사업가치 및 기술가치 분석

- 기술성, 시장성 분석 등을 종합적으로 고려하여 현재 상황을 반영한 가정과 해당 산업의 시장 및 경제동향 등과 현재 유사기술사업 매출액 추이, 마케팅 전략, 생산 규모 등 객관적인 자료와 분석을 통하여 기술의 가치를 산정함(기준 월 2019년 7월)



[그림 3-1] 사업가치 및 기술가치 평가 절차

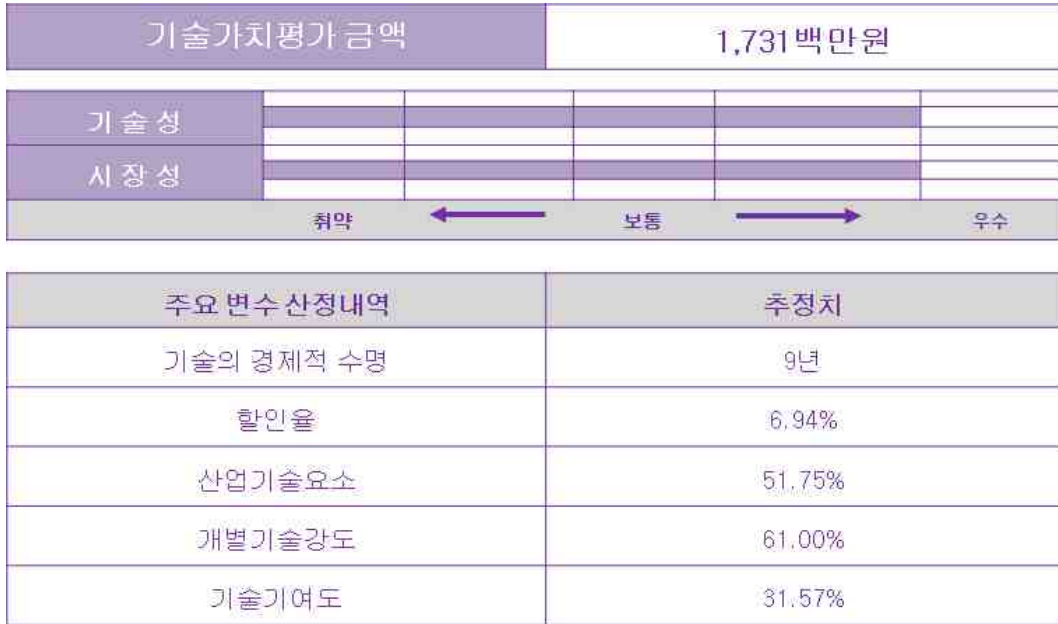
- 사업화 추체로 (주)우성사료가 선정됨

- 동사는 동종업계에서 20 이상의 꾸준한 연구개발과 지속적인 매출 및 성장을 달성해왔으며, 업체의 주요 품목에 본 평가기술인 배합사료 개발이 있어 업체와 기술간 매칭도가 높은 것으로 판단됨

○ 기술가치 평가 요약

- 기술수명주기상 발전 단계에 있는 기술임

- 기술의 이전 및 거래를 위한 단순 참고용임
- 기현물출자, 세금감면 등의 법률적인 가치 금액 활용을 위해서는 별도의 정석평가가 필요함



[그림 3-2] 기술가치평가 결과 요약

3절. 연구목표 및 내용 도출

1. 연구개발 최종목표 및 최종성과물 제시

가. 연구개발의 최종목표

양식어류 부산물(폐사어 등)을 활용한 고차 활용 자원화를 위한 재활용 융합소재 기술개발, 우수재활용 제품 승인 및 실용화

나. 연구개발의 최종성과물

최종 성과물	정량적 목표
재활용 환경성 평가 승인	1건 이상
법제도 개선 근거자료 도출	1건 이상
안전성 평가 및 원료 규격화	4건/2건 이상
우수재활용 제품 승인 (시제품 제작 및 성능 평가)	3건 이상
기술이전	4건 이상
특허 출원 및 등록 ((국내(해외))	15 (4) / 10 (2)건 이상
국제논문/국내논문	30 / 5건 이상
인력양성	20명 이상

다. 연구개발 목표 달성을 위한 연구내용 및 연구범위 설정

(1) 연구내용

- 우수재활용제품 신청 및 인증 및 법제도 개선 추진
- 고부가가치 양식 산업 소재 개발
- 고차 축산사료 개발
- 기능성 어분(새우 및 관상어) 활용 기술 개발
- 의공학 융합형 신소재 확보 및 활용 기술 개발
- 양식어류 부산물의 2차 재순환 기술 개발

(2) 연구범위 설정

- 우수재활용제품 신청 및 인증 및 법제도 개선 추진
 - 재활용환경성 평가 자료 확보
 - 재활용환경성 평가 자료(재활용 인증서) 제출 및 승인
 - 정책동향 분석
 - 법제도 개선 또는 독립법안 추진
- 고부가가치 양식 산업소재 개발
 - 양식부산물의 이화학적 특성 및 주요성분 분석
 - 양식부산물의 기능성 확인 및 경제성 검토
 - 양식 산업에서 활용될 수 있는 내분비 제어 첨가제 개발
 - 양식부산물활용 펩톤 생산기술 및 미생물 배양배지 개발
 - 경제성 검토 및 산업적 공정개발
 - 기술이전
- 고부가가치 축산사료 개발
 - 양식부산물로부터 발효어분 제조
 - 양식부산물 유래 발효어분의 저분자화에 의한 고부가가치 사료 제조
 - 양식부산물 유래 발효어분의 축산사료 효능 연구
 - 양식부산물 유래 저분자발효어분의 영양적 기능적 축산사료 첨가제 효능 연구
- 기능성 어분(새우 및 관상어) 활용기술 개발
 - 양식부산물 유래 어분의 위험도 분석 및 표준화

- 기능성 향상을 위한 고부가가치 천연색소 생산 해양미생물 선발 및 자원화
- 새우 및 관상어종에 현장적용을 통한 사료 효율 및 기능성 평가
- 시제품 최적화 및 기술이전
- 의공학 융합형 신소재 확보 및 대량추출 조건 확립
 - 양식부산물 유래의 생체적합성 소재 확보
 - 2D, 3D type별 약물전달용 의료기기 및 물리·화학적 특성 분석을 통한 조직재 생용 의료기기 개발
 - 조직재생용 의료기기 in vitro/in vivo효능 검토
 - 의료기기 시제품 제작 및 생물학적 안전성 자료 확보
 - 경제성 검토 및 기술이전
- 양식어류 부산물의 2차 재순환 기술개발
 - 기능성 성분 추출 및 기능성 확인을 통한 활용가능분야 도출
 - 부산물 활용 천연칼슘, 인 등의 유기질 자원 재생산 기술 개발
 - 경제성 검토 및 산업적 공정개발

4절. 연구개발 추진계획 수립

1. 추진 전략

“양식어류 부산물을 활용한 고차 활용 산업화 기술개발”



- (전략 1) 자원 재활용이라는 혁신·친환경성 주입과 현안 기반으로 추진
- (전략 2) 사료관리법의 양어사료 관련 근거들이 미약하여 양어사료에 대한 제도개선 또는 분법 필요성 추진
- (자원재순환 분야) 폐사어의 자원화 기술개발 시 사회인식 변화 자료 및 안전성 대응 자료 확보

2. 기술개발 로드맵

주요 내용	연구목표	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도
우수재활용제품 신청 및 인증		재활용환경성 평가자료 확보		재활용환경성 평가자료(재활용 인증서) 제출/승인		우수재활용제품 사용을 위한 법제도 개선 추진
친환경 Up-cycling 기술개발	고부가가치 양식 산업 소재 개발 및 2차 부산물 활용기술개발	양식부산물별 성분·특성분석	각 유용성분 추출·평가	각 유용성분별 기능성평가	각 유용성분별 작용기전 규명	현장 적용어류 작용기전 규명 2차 적용 실증
고차 축산사료 개발	양식광어 부산물을 활용한 고부가가치 축산사료 개발	부산물의 발효어분 제조	발효어분 저분자 첨가제 제조	축산 사료 효능평가	축산사료 첨가제 효능평가	제품 개발
기능성 어분 (새우 및 관상어) 활용 기술개발	새우 및 관상어 배합사료용 어분 활용기술 개발	어분의 영양성분 규명 및 표준화	어분의 위험도 분석 및 개선 방안 발굴	현장 적용을 통한 효율 및 기능성평가	기능성 어분 시제품 개선 및 최적화	기술이전
고부가 조직재생 신소재 확보 및 활용 기술개발	고부가 생체적합성 재생 소재 활용 기술 개발	생체적합 조직재생 소재 확보	효능검토	조직 재생용 소재 비임상 효능 검토 및 개선	시제품 제작	시제품 최적화 안전성자료 확보
		대량추출	조직재생용 소재 개발		안전성평가	기술이전

3. 추진체계



4. 소요예산, 연구기간, 소요인력 제시

내용						(백만원)
	1차 년도	2차 년도	3차 년도	4차 년도	5차 년도	소계
친환경 Up-cycling 기술개발	1,600	1,600	2,000	2,000	2,000	9,200
고차 축산사료 개발	200	200	300	300	300	1,300
기능성 어분(새우 및 관상어) 활용 기술개발	200	300	300	500	200	1,500
의료생체소재 확보 및 활용 기술개발	190	380	520	660	250	2,000
연차별 총 사업비	2,190	2,480	3,120	3,460	2,750	14,000

소요 인력						(명)
	1차 년도	2차 년도	3차 년도	4차 년도	5차 년도	소계
소요 인력	40	40	40	40	40	40

- 총 연구비 14,000백만 원, 5년, 매년 40명의 소요 인력이 연구를 수행하기 위해 필요함

5절. 연구개발 타당성분석

1. 정책적 타당성 분석

가. 국가적 아젠다와의 연계성

- 해양수산 R&D 관련 국정과제 중 84. 깨끗한 바다, 풍요로운 어장 (질 좋고 안전한 수산물 생산·공급체계 구축)과 관련됨
 - ‘19년 정부연구개발 투자방향 중 미래선도과학기술 역량 강화(개방·공유·협력의 연구개발 생태계 구축) 및 13대 혁신성장동력 분야 중 원천기술 선점가능성이 높은 바이오 등 중장기 신산업 육성 분야
 - 現 정부의 제5차 지방과학기술진흥종합계획(‘18~’22)에 따른 『지역주도 혁신성장을 위한 과학기술혁신 전략』의 적극적 수행
- 해양수산과학기술 육성 기본계획 (‘18~’22)의 추진 전략에 부합하는 연구 개발이며, 상위 유관 정책으로서 제4차 과학기술기본계획(12-4) 중 수산식품가공 및 수산식품안전 등에 연계됨
 - 전략 1. 신산업 육성 및 좋은 일자리를 위한 해양수산과학기술 집중 육성
 - 과제 1-2. 해양바이오 전략소재 개발 및 상용화
 - 전략 2. 사회문제 해결을 위한 해양수산과학기술 기반확보

- 과제 2-1. 국민생활 문제 해결을 위한 해양수산과학기술 혁신
(안전한 먹거리를 위한 수산물 품질 및 안전관리 기술 확보)
- 해양수산부, 제1차 해양수산생명자원 관리기본계획 ('19~'23)의 생명자원 확보 국제경쟁 강화 추세에 대응하여 자원확보를 강화하는 한편 활용가치가 높은 자원의 체계적 관리 및 개발을 통한 해양바이오 활성화 기반 마련과 관련됨
 - 2030 해양수산생명자원 주권강국 실현 이라는 비전아래 4대 전략과 12개 추진 과제를 제시함
 - ① 전략적 자원 확보 체계마련, ② 활용과 연계한 자원 관리 역량 강화, ③ 자원 이용가치 제고 및 업계 지원기반 마련, ④ 자원가치 및 보전 필요성에 대한 대국민 인식 제고
- 폐기물관리법시행 규칙에 양식 등 어류부산물은 생활폐기물로 분류될 경우에는 동물성 잔재물(동물의 사체, 수산가공물, 유지 등을 포함한다)로 세부 분류됨. 또한 사업장폐기물로 분류될 경우에는 동·식물성잔재물 중 '동물사체' 또는 '수산물가공잔재물' 등으로 세부 분류됨
 - 사업장일반폐기물의 세부분류 및 분류번호
 - 51-01 유기성오니류, 51-01-06 그 밖의 공정오니, 51-01-99 그 밖의 유기성오니, 51-17 동·식물성잔재물(식료품 및 음료제조업 등에서 발생하는 잔재물을 포함하며, 음식물류 폐기물은 제외한다), 51-17-01 동물사체, 51-17-03 수산물가공잔재물, 51-17-19 그 밖의 동물성잔재물
 - 생활폐기물의 세부분류 및 분류번호
 - 91-16-00 동물성 잔재물(동물의 사체, 수산가공물, 유지 등을 포함한다)
- 폐기물관리법 시행규칙 별표 4의3(폐기물의 종류별 재활용 가능 유형)의 양식 등 어류부산물과 2차 부산물의 재활용과 관계있음
 - R-5-1: '비료관리법'에 따른 비료(퇴비를 포함한다)를 생산하는 유형
 - R-5-2: '사료관리법'에 따른 사료를 생산하는 유형
 - R-5-4: 자가 사육하는 가축의 먹이나 자가 농경지 또는 초지의 퇴비로 사용하는 유형
 - R-10: 재활용 유형에 따라 재활용하기 위한 중간 가공폐기물을 만드는 유형 등
- 자원순환기본법(법률 제14229호, 2016.05.29 공포, 2018.01.01 시행)의 제정으로 인하여, 소각 또는 매립의 방법으로 폐기물을 처분하는 지자체 및 사업장 폐기물 배출자에게 부담금을 부과하여 폐기물관리법에서 정한 폐기물을 재활용할 수 있도록 유도하는 법령이 마련됨

- 해수부에서 ‘양식용 배합사료 사용 활성화 대책’을 발표함. (‘18)
 - 4대전략: 1. 고품질 저어분 사료개발등 배합사료 품질개선, 2. 소비자 중심의 배합사료 공급시스템 구축, 3. 배합사료 산업화 기반 마련, 4. 양식사료 관련 제도 정비
 - 생사료는 배합사료보다 수질 환경이 2~5배 악화한다고 보고됨

나. 기술적 타당성 분석

(1) 기존 연구사업과의 중복 및 연계성

- 폐사어와 감귤 가공부산물의 고온발효에 의한 양식용 어분 대체원의 개발 (해양수산부)
 - 폐사어와 감귤가공부산물을 활용한 발효어분을 제조하는 것은 본 사업내용의 사전연구로서 일부 중복됨
 - 하지만, 폐사어와 감귤가공부산물을 활용한 발효어분을 양식 사료원으로서 활용한 것에 비하여 이번 사업에서는 광어부산물로부터 발효어분 제조하고 이것을 저분자화하여 기능과 소화율을 개선하는 것이 차이점이 있음
 - 광어부산물 유래 어분으로부터 고품질 사료를 개발하여, 양식 사료 이외에도 축산사료와 양돈산업에서 자돈설사증상을 예방하는 고품질사료로서의 개발, 펫사료로서의 개발 등이 연구내용이 포함된 것이 차별화됨
 - 양식부산물 활용시 발생하는 2차 폐기물의 특성 확인 및 활용가능성 제시함
- 어류 부산물과 색소 생산 균주를 이용한 기능성 양식 사료 소재 개발 (미래창조과학부)
 - 양식부산물을 활용한 어분 대체원 개발 내용과는 차이점이 있음
- 양식장에서 발생하는 폐사어의 친환경적 활용 방안 (환경부)
 - 광어 유래 저분자 단백질원을 개발한 것으로 특정 산업화를 타겟으로 개발된 것이 아닌 향후 활용될 수 있는 단백질원을 개발한 것임. 따라서 본 연구 사업에서는 발효어분을 제조하고 다양한 사료원과 사료첨가제로서 활용하여 실질적인 산업화에 맞는 고부가가치화 연구를 하는 것으로 차이점이 있음

(2) 기술개발의 선행 특허 분석

- 특허정보 및 논문의 데이터베이스로는 WIPSON과 구글(google)을 이용하였고, 한국, 일본, 미국 및 유럽의 선행기술을 대상으로 조사하였음

<표 3-1> 기술과 관련성이 높은 유관특허 및 유관기술 선별

NO.	문헌 번호	명칭
1	CN106544383A	Method for preparing collagen from fish bone
2	EP0301795B1	Process for producing protein-rich fish meal and/or fish oil
3	US10039299B2	Automated method and system for recovering protein powder meal, pure omega 3 oil and purified distilled water from animal tissue
4	KR 10-2003-0067441	단백질 조식을 지닌 해양자원으로부터 기름과 단백질가수분해 물을 채취하는 방법 및 이를 이용하여 채취되는 기름과 단백질 가수분해물
5	CN105476051B	Production technology of fish powder
6	CN105476051B	High-quality fish meal processing device and application thereof
7	KR 10-2014-0069920	폐사어 및 수산 부산물을 이용한 발효 사료 제조 방법 및 발효 사료 그리고 이에 적합한 발효기
8	KR 10-2019-0028401	폐기수산물로 재활용되는 어류용 냉동습식사료의 가공방법
9	KR 10-1957803B1	피쉬 콜라겐 함유 화장료 조성물
10	KR 10-1795655B1	어류부산물을 이용한 의료용 마린콜라겐과 이의 제조방법

○ 국가별 특허 분석

- (중국) 3건, 어류 뼈로부터 콜라겐 추출, 어분제조법, 고순도 어분제조 기기
- (일본) 1건, 고단백질 함량 사료 제조
- (미국) 1건, 어류 단백질 어분, 오메가-3 및 동물조직 유래 증류수 순수 제조 자동화방법
- (국내) 5건, 오일 및 단백질 가수분해산물 제조법, 부산물 발효 사료 제조방법 및 발효기, 냉동습식사료 가공법, 피쉬 콜라겐 함유 화장품 제조법, 마린 콜라겐 제조방법

○ 특히 기술관련 선행기술 분석

- 관련기술을 크게 “어류로부터 유효성분(단백질, 콜라겐, 오일 등)을 추출하는 방법”과, “어류로부터 추출된 성분을 어분, 사료 등으로 가공하는 방법”으로 구분할 수 있음
- 위의 표 결과 어류의 육질, 뼈, 껍질로부터 오일, 단백질을 추출하는 기술이 개발되어 있고, 특히 콜라겐을 정제하여 추출하는 기술이 개발 완성도가 높은 것을 알 수 있음
 - NO. 1은 어류로부터 콜라겐을 추출하는 방법
 - NO. 2은 어분 또는 어류 오일을 추출하는 방법
 - NO. 3은 단백질 파우더를 추출하는 방법
 - NO. 4은 오일과 단백질 가수분해물을 추출하는 방법
- 어류로부터 추출된 성분들을 다양한 상품으로 가공하여 사업화할 수 있음을 알 수 있으며, 특히 종래 알려진 어분, 사료뿐만 아니라 화장품 조성물 및 의 료용 상품으로도 개발할 수 있음을 알 수 있었음
 - NO. 5은 어분을 제조하는 방법
 - NO. 6은 고품질의 어분을 제조하는 방법
 - NO. 7은 발효 사료를 제조하는 방법
 - NO. 8은 냉동습식사료를 제조하는 방법
 - NO. 9은 화장품 조성물을 제조하는 방법
 - NO. 10은 의료용 콜라겐을 제조하는 방법
- 특히 분석 결과, 폐사어 자원화의 다양화 가능성을 의미하며 보다 다양한 산업분야에서의 응용 및 시장성을 확장 할 수 있을 것으로 기대됨

(3) 기술개발의 성과활용

- 친환경 양식산업에 대한 국가차원의 모델 개발과 국가적 추진사업에 대한 선 도 모델구현
 - 기술 및 법제도 개선 방안을 활용하여 새로운 연구사업 기초로 활용
 - 생산단계에서부터 소비단계까지 양식수산물의 안전성 확보를 위한 제도적 시스템 구축은 소비자의 신뢰를 구축하는 방법임
 - 제안될 원천기술을 활용하여 새로운 성장동력 분야로 활용
 - 유효성분 추출 극대화를 위한 처리 가공 방법 개발로 항노화 등 고령화 대 응을 위한 효과를 갖는 새로운 해양 기능성소재 발굴 및 가공 기술 확립

- 사회 및 산업적 측면에서 간접적인 소득창출 효과에 따른 양식 분야의 시장 확대
- 폐자원의 순환 생태계구축
 - 우리나라가 대부분의 어분을 외국에서 수입하고 있는 현실과 가격 상승 등을 비추어 볼 때, 폐사어의 활용을 위생적으로 할 수 있다면 자원의 고부가가치화에 기여할 것으로 판단됨
- 부산물을 폐자원으로 인지하는 사회적 인식 전환
 - 양식부산물을 유용하게 재활용할 수 있다면 자원에 대한 인식이나 고부가가치화에 이바지함
- 관련 법령 개정으로 인한 국내 수산양식업의 경쟁력 극대화
 - 국내 양식넙치 폐사/폐기체의 활용을 위한 산업적 기반이 마련되어 있는 상태이며, 국가 정책에 따른 배합사료 사용 의무화로 배합사료용 어분에 대한 수요가 확보되어 있음
- 양식부산물 활용을 위한 유용 자원화
 - 양식부산물은 매년 증가하고 있지만, 활용범위가 한정적이어서 재생산시 경제적 가치가 높음
 - 부산물로부터 펩톤 추출 기술을 확립함으로써 생산 단가를 낮춰 산업적 경쟁력을 갖추
 - 새로운 산업적 가치 창출
- 친환경·기능성을 함유한 고부가가치 사료원 개발
 - 국내 수입의존의 사료원 대체
 - 어분의 영양적 기능적 우수성을 활용한 양질의 사료원 개발
 - 수질환경 개선 및 질명감소로 인한 안전하고 안정적인 양식어류 생산 유도
 - 축산사료 중 가장 고급인 자돈을 포함하는 어린동물의 사료 첨가제를 개발하여 고부가가치화 실현
 - 국가 ‘10대 수출전략 양식품종’인 새우와 관상어류용 고기능성 천연색소 함유 어분 확보를 통한 기능성 배합사료 개발로 경쟁국에 한발 앞서는 양식기술 확보 및 부가가치 창출을 통한 국가 수산양식업 경쟁력 극대화
- 양식부산물 유래 유용자원의 기초연구 및 의약학적 가치를 평가함으로써 해양바이오 신소재 개발
 - 효능 및 관련인자의 발현을 규명하여 해양천연물 약리분야의 미비한 학문적 기반을 국제 학술대회 발표와 논문으로 제시

- 지적 재산을 획득하기 위한 근본자료로 활용
- 양식부산물 유래 의료생체적합소재가 보유한 효능에 대한 연구결과는 관련 건강기능성 및 의약 신소재 개발을 위한 연계 기술 개발과 생물공정 등 산업화 응용을 위한 선행결과로 활용
- 제약회사 및 기능성 소재 기업과의 연계를 통하여 전문 연구인력을 공급하고 기술이전 등 산업화 방안 검토예정
- 기존 바이오메디컬 산업이 안고 있는 주요 난점인 원천소재 및 기술 부재에 대한 해결방안 제시
- 양식부산물 유래 생체적합성 및 생리기능성 보유 물질을 의공학적 인체 치료 기술에 융합/적용함
- 해양수산자원의 첨단화는 융합형 국가산업 및 과학기술 경쟁력확보에 일익을 담당
- 국가 신성장 동력 산업인 해양바이오 및 바이오메디컬 분야의 융합형 원천소재 및 기술 개발을 통해 첨단 고부가가치 바이오메디컬 산업에 대한 지적재산권, 식약처 승인, 기술이전을 기초로 한 산업적 활용 및 제품화를 위한 신기술 확보
- 해양유래 소재를 다양한 산업소재 활용으로 인한 시장점유율 증가로 해양산업 국가 위상 제고
- 소재 개발을 통해 기업과의 생산라인과 수출 인프라를 이용하여 국내 수요창출 뿐만 아니라 수출 상품으로 개발에 활용

2. 정책적 타당성 분석의 근거자료

(1) 분석 목적

- 정책적 타당성 분석은 정책적 목적에서 본 연구개발사업의 추진 타당성을 평가
 - 정책적 타당성 분석은 본 사업이 국가 전략적 측면에서 가지는 의미를 판단하고 국가에서 추진 중인 정책 및 R&D 상위 계획에 대한 부합성 여부를 분석함과 동시에 사업의 추진력 등을 종합적으로 조사 및 분석하는 것이 목적
 - 정책의 일관성 및 추진의지, 사업 추진상의 위험요인, 국고지원의 적합성, 재원조달 가능성, 상위계획과의 연관성, 환경성 검토 등을 수행하여 사업의 타당성을 평가

(2) 분석 방법 및 내용

- 정부지원의 필요성 및 정책의 일관성
 - 국내외 환경 속에서 본 연구개발사업의 시급성 평가
 - 사업의 준비정도, 사업추진 의지 및 선호도, 관련계획 및 정책방향과의 일치성을 분석하여 타당성을 평가함
 - 국정과제 및 해당부처의 계획과의 부합성 검토
- 사업 추진상의 위험요인
 - 환경성 및 재원조달 가능성에 대한 분석을 통하여 위험요인을 피할 수 있는 방법 및 제거방법에 대한 타당성을 평가
- 국고지원의 적합성
 - 사업이 민간에서 지원하지 않은 이유와 더불어 국가에서 지원함으로써 향후 어떠한 파급효과를 가져올 수 있는 간에 대한 방법으로 타당성을 평가
 - 중기재정운용계획과의 연계 및 재원확보 방안 등 검토

(3) 사업추진의 필요성

- 국제 경쟁에 대응한 국내 양식업계의 경쟁력 강화
 - 우리나라 양식 어류 생산 업계는 중국산 양식 수산물 수입 이후 지난 10년간 생산량이 급감하면서 경쟁력을 잃어가고 있음
 - 개도국 수산물과의 경쟁을 위해서는 가격경쟁력과 안전한 식품 생산을 통한 품질경쟁력 확보가 시급한 상황임
 - 양식 부산물 자원화, ICT 기술과 양식산업 접목을 통해 과학적 양식으로 개도국 양식수산물에 비교우위를 가질 수 있음
- 양식 원료 표준화 및 수입 어분 대체에 기여
 - 일정한 사료 급이가 가능함으로써 유사한 어류 품질을 생산할 수 있음
 - 양질의 자원 건조시 고단백질의 원료를 표준화할 수 있어, 양식 부산물의 자원화에 기여
 - 수입에 다수 의존하는 양어 어분 시장에서 양질의 어분으로 수입 대체 가능
- 고차 활용 산업제품 기반 기술개발로 1, 2, 3차 산업 공동 활성화
 - 양식산 넙치의 유용성분 활용을 극대화할 수 있는 기술개발로 양식장 부산물의 자원화 및 기술혁신에 기여

- 이를 통해, 고차 활용 산업제품 기반 기술개발을 도모하고, 해양수산 신산업 분야의 경쟁력 증진을 도모

(4) 상위계획과의 부합성 및 사업 추진 의지

○ 문재인 정부 100대 국정과제 및 이행 계획

- 문재인 정부는 100대 국정과제를 2017년 7월에 발표, 100대 국정과제는 실행력을 제고하기 위해 487개 실천과제로 세분류하고, 각 실천과제별로 연차별 이행목표와 이행계획을 설정
- 정부 100대 국정과제 중 “고르게 발전하는 지역”을 목표로서 깨끗한 바다, 풍요로운 어장(목표: 고르게 발전하는 지역)을 위한 주요내용은 아래와 같음
 - (81번) 누구나 살고 싶은 복지 농산어촌 조성, 농어업 활동 기반 6차산업 고도화 및 사회적 경제 모델 정립 등
 - (84번) 깨끗한 바다, 풍요로운 어장, 첨단양식기술개발계획 수립(18), 스마트 양식장 구축(21) 등

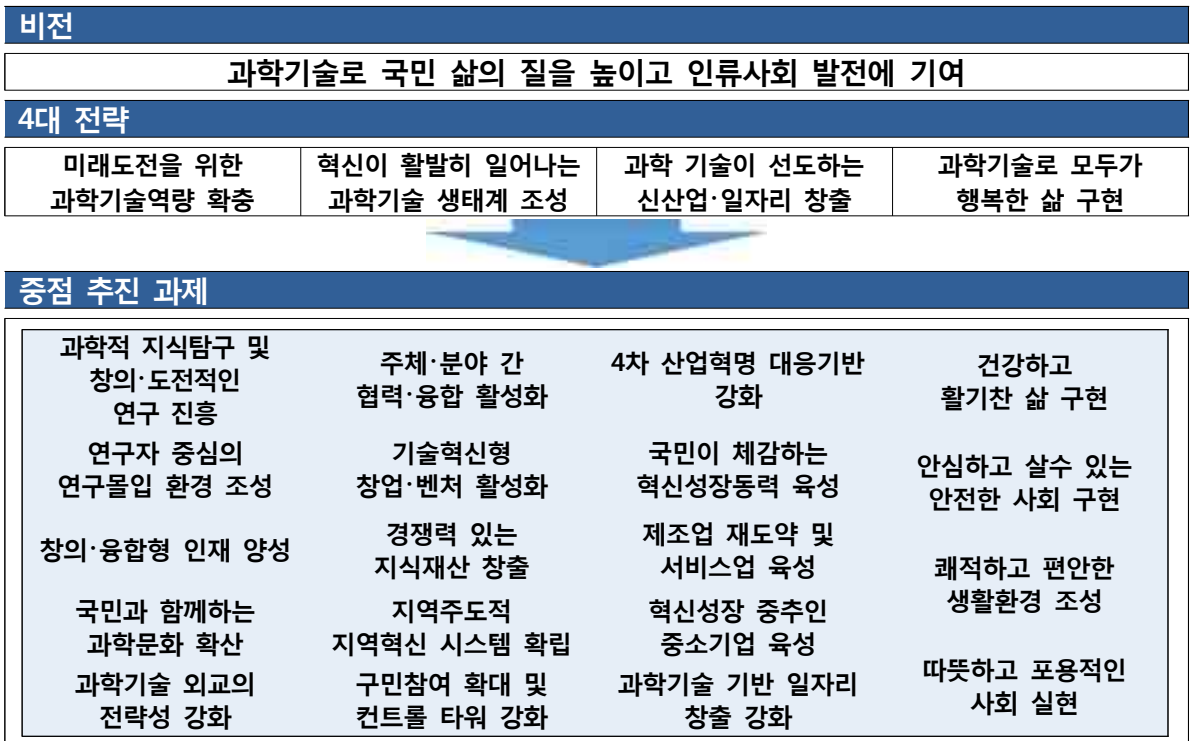
<표 3-2> 정부 100대 국정과제

목표	국정과제
국민이 주인인 정부(15개 전략)	전략1. 국민주권의 촛불민주주의 실현 전략2. 소통으로 통합하는 광화문 대통령 (이하 생략)
더불어 잘사는 경제(26개)	전략1. 소득 주도 성장을 위한 일자리 경제 전략2. 활력이 넘치는 공정경제 전략3. 서민과 중산층을 위한 민생경제 전략4. 과학기술발전에 선도하는 4차 산업혁명 (이하 생략)
내 삶을 책임지는 국가(32개)	전략1. 모두가 누리는 포용적 복지국가 전략2. 국가가 책임지는 보육과 교육 (이하 생략)
고르게 발전하는 지역(11개)	전략1. 풀뿌리 민주주의를 실현하는 자치분권 전략2. 골고루 잘사는 균형발전 전략3. 사람이 돌아오는 농산어촌 81. 누구나 살고 싶은 복지 농산어촌 조성 84. 깨끗한 바다, 풍요로운 어장(해수부)
평화와 번영의 한반도	전략1. 강한 안보와 책임국방 전략2. 남북간 화해협력과 한반도 비핵화 (이하 생략)

- 100대 국정 과제에 따라, 해양수산부는 주관부처로서 수산자원 관리강화, 해양 생태계 기반 수산정책 실현, 해양공간통합관리 및 해양환경에 대한 국가 관리 체계 강화를 위한 내용을 강조
 - 우리 바다 되살리기의 일환으로서 '18년 휴어제, '19년 어구관리법 제정, '21년 전자 어구 실명제 도입을 통해 '22년 연근해 어업생산량 110만톤 회복을 기대
 - '18년 ICT 첨단양식기술 개발계획 수립, '21년부터 스마트양식장 구축 등으로 '22년 양식 생산량 230만톤 달성하여 양식업의 첨단화 및 규모화를 달성
 - 안전한 수산물 공급하기 위하여 '19년 수산물 이력추적관리제 단계적 확대 시키고 '17년부터 양식장 HACCP 등록을 매년 30개씩 확대하여 '22년 180개소 등록
 - 기대효과로서 '22년 연근해 어업생산량 110만톤 회복 및 양식업 생산량 230만톤 달성, 해양공간 (44만km²) 통합관리체계 구축으로 지속가능한 해양이용 체계 확립
- 대통령 직속 4차산업혁명 위원회 ‘사람 중심의 4차산업 혁명 대응계획’
 - 문재인 정부 국정운영과제의 20대 국정전략 중 하나로 ‘과학기술 발전이 선도하는 4차 산업혁명’을 설정하고 이를 위한 실천과제를 제시, 이는 전통적 어업을 미래 신산업으로 육성하기 위한 중요한 전략
 - 사람 중심의 4차 산업혁명 구현을 비전으로 기술·산업·사회 정책을 긴밀히 연계하여 ① 지능화 혁신 프로젝트 추진, ② 성장동력 기술력 확보, ③ 산업 인 프라·생태계 조성, ④ 미래사회 변화 대응 등 4대 전략과제 중점 추진
 - 4대 전략과제 중 ‘지능화 혁신 프로젝트’는 지능화를 기반으로 산업의 생산성과 글로벌 경쟁력을 제고하고 고질적인 사회문제 해결을 목적으로 추진
 - 특히, 본 연구개발사업의 핵심 과제인 양식어류 부산물 재순환, 양식어류 부산물을 활용한 축산사료 개발, 양식물 부산물 유래 고부가 조직재생 소재확보 및 활용기술 개발 등은 새로운 양식업 생태계 조성 및 신기술 확보 선순환에 기여
- 해양수산 R&D 중장기계획¹⁾
 - 해양수산 R&D 중장기계획('14~'20)에서 전통 수산업의 미래산업화를 위해 친환경양식을 위한 ICT 융·복합 양식플랜트 개발을 부처 R&D로 선정함

1) 해양수산부(2014), 「해양수산 R&D 중장기계획」

- 해양수산부는 미래 여건변화에 대응하고 창조경제 시대를 견인하기 위하여 해양수산과학기술의 경쟁력 확보 및 해양수산 신산업 창출을 위하여 「해양수산발전기본법」 제17조에 따라 동 계획 수립
 - 동 계획의 비전은 ‘국민의 꿈과 행복을 실현하는 창조형 해양수산과학기술’로서 2020년까지 세계선도 기술 20개, 해양수산 일자리 창출 7.8만명, R&D 민간 참여비중 40%로 향상시키고, 해양수산 R&D 역량강화를 위하여 3대 R&D 전략 및 12대 실행전략을 수립함
 - 이 중 본 사업은 창조형 해양수산 산업 육성 부분의 전통 수산업의 미래 산업화와 연관성이 있으며, 전통 수산업의 미래산업화의 추진 목표는 수산업의 부가가치 제고 및 수산식품 안전성 확보로 본 사업과 연관성이 높음
- 제4차 과학기술기본계획²⁾(2018~2022) 중점 추진과제, 해양수산의 미래성장동력 견인
- 양식어류 부산물 개발 표준화와 고부가 조직재생 소재 확보 기술 등은 4대 전략 중 혁신이 활발히 일어나는 과학기술 생태계 조성 및 과학 기술이 선도하는 신산업·일자리 창출에 해당



[그림 3-3] 제4차 과학기술기본계획 전략 및 중점 추진과제

2) 과학기술정보통신부(2018), 「제4차 과학기술기본계획」

- 본 연구개발사업을 통해 수입의존 축산사료원을 대체하고, 양식부산물 유래 생체소재의 안정성을 확보하며, 양식 어류 부산물을 고부가가치 제품으로 건인하는 것은, 과학적 양식을 통한 해양수산의 미래성장동력 및 신산업·일자리 창출에 모두 해당함
- 제1차 해양수산과학기술육성 기본계획³⁾(2018~2022), 신산업 창출 견인
 - 「해양수산과학기술 육성법」 제5조에 따른 해양수산 분야 과학기술 정책의 최상위 계획이다. 해양수산부는 그동안 전문기관 및 전문가 협의체를 구성하여 계획 초안을 마련하고, 대국민 토론회 및 관계부처 협의 등의 과정을 거쳐 계획을 수립
 - 제4차 과학기술기본계획, 국정과제 등 정책방향과 연계하고, 4차 산업혁명에 따른 과학기술 생태계 변화를 반영한 해양수산과학기술 분야의 체계적인 육성 전략이 요구
 - 본 계획은 ‘풍요롭고 안전한 바다 실현을 위한 해양수산과학기술 육성’이라는 비전 아래, ① 신산업 육성 및 좋은 일자리를 위한 해양수산과학기술 집중 육성, ② 사회문제 해결을 위한 해양수산과학기술 기반 확보, ③ 정부의 연구개발 지원체계 혁신, ④ 해양수산과학기술의 지속 발전을 위한 생태계 조성이라는 4대 전략과 8대 추진과제를 제시
 - 본 연구개발사업은, 전략 1인 신산업 육성 및 좋은 일자리 창출 전략에 부합
- 제1차 수산업어촌 발전 기본계획⁴⁾(2016~2020, 5개년), 양식산업의 첨단화 의지 피력
 - 수산진흥종합대책(수산업법), 어업·어촌발전계획(농어업 농어촌 및 식품산업 기본법)을 대체하는 제1차 수산업·어촌 발전 기본계획 수립
 - 수산업 어촌 발전 기본계획은 5대 정책목표 중 안정적인 수산물 생산을 위한 전략으로 지속가능한 어업생산 및 양식 산업 규모화 첨단화를 제시
- 폐기물관리법(‘91.03.08 전문개정 및 공포, ‘19.04.16 일부개정), 폐기물 적극적 관리 유도
 - 폐기물관리법은 폐기물의 종류별 재활용 가능 유형에서 동물사체를 규정
 - 폐기물관리법은 제2호에 따른 재활용 유형별 재활용의 세부기준에서 정하는 기준 및 규격 이외에 ‘비료관리법’ 제4조에 따라 설정 또는 지정된 보통비료의 공정규격 또는 부산물 비료의 규격 등 다른 법령에서 원재료 또는 제품

3) 해양수산부(2018), 「제1차 해양수산과학기술 육성 기본계획」

4) 해양수산부(2016), 「제1차 수산업·어촌 발전 기본계획」

등에 대한 기준 및 규격 등을 정하고 있는 경우에는 그 기준에 적합하게 재 활용할 것으로 규정

<표 3-3> 제1차 수산업어촌 발전 기본계획('17)

목표	주요전략	주요사항
안정적인 수산물 생산	자원관리의 선진화	<ul style="list-style-type: none"> ■ 과학적 자원관리 기반 구축 ■ 생태계 기반 수산자원조성 ■ 총 허용어획량 제도 선진화
	지속가능한 어업생산	<ul style="list-style-type: none"> ■ 연근해어업 구조개선 체계화 ■ 연근해어업 경쟁력 강화 ■ 건전한 어업질서 확립
	양식산업 규모화 첨단화	<ul style="list-style-type: none"> ■ 첨단양식 산업화 이행 ■ 양식특화 품목 육성 ■ 국제수준 양식산 품질 관리
	해외 생산기반 확대	<ul style="list-style-type: none"> ■ 해외 수산자원 공급기반 확충 ■ 원양어업의 경영체질 개선 ■ 책임있는 원양어업 체계 강화

- 본 연구개발사업은 양식 부산물을 고부가가치화함으로써 폐기물의 적극적 관리를 유도하는 역할 수행
- 자원순환기본법('16.05.29 제정, '18.01.01 시행), 폐기물 재활용 유도
 - 자원순환기본법은 법령상, 소각 또는 매립의 방법으로 폐기물을 처분하는 지자체 및 사업장 폐기물 배출자에게 부담금을 부과하여 폐기물 관리법에서 정한 폐기물을 재활용할 수 있도록 유도
 - 특히, 본 연구개발사업은 양식 부산물을 고부가가치화함으로써 폐기물의 자원순환을 견인하는 역할을 수행

6절. 경제성 분석 및 파급효과 분석

1. 경제성 분석 결과

- 비용 추정 : 연구비 총액은 140억원으로, 연차별 연구비는 다음과 같음

연도	연차별 연구비(억원)
2020	21.9
2021	24.8
2022	31.2
2023	34.6
2024	27.5

- 경제성 분석 결과 : 경제성 분석 결과 **편익-비용비율은 1.60**으로서 본 연구개발사업은 경제적으로 타당한 것으로 분석
- 추후 본 연구개발사업을 통해 생체소재 시장에 진입하여 부가가치가 증대되고, 사회적으로 자원순환 인식 제고 효과가 높아지면, 본 편익-비용비율은 보다 더 긍정적으로 변화될 수 있음
- 내부수익율은 10.0%이며, **순현재가치는 158.9억원**인 것으로 분석

<표 3-4> 경제성분석 요약

구 분	분석 결과
총 편익의 현재가치 (억원)	424.7
총 비용의 현재가치 (억원)	265.9
순현재가치 (억원)	158.9
편익-비용 비율	1.60
내부수익률(IRR)	10.0

2. 민감도 분석 결과

- 사업 추진에 있어 사업비가 변경되거나 편익 추정치가 변화할 수 있는 점을 감안하여 (예비)타당성조사는 경제성 분석 수행 후 민감도 분석 시행을 제안
- 편익 및 비용 변화에 대한 민감도 분석을 위해서 편익과 비용을 $\pm 20\%$ 까지 10%p씩 변화
- 모든 경우에 있어서 **경제적 타당성을 확보한 것으로 판단**

<표 3-5> 민감도 분석 결과

구 분	변화율 (%)	총편익의 현재가치 (억원)	총비용의 현재가치 (억원)	순현재가치 (억원)	B/C
편익의 변화	-20%	339.78	265.87	73.91	1.278
	-10%	382.26	265.87	116.39	1.438
	0%	424.73	265.87	158.86	1.598
	10%	467.20	265.87	201.33	1.757
	20%	509.68	265.87	243.81	1.917
비용의 변화	-20%	424.73	212.70	212.03	1.997
	-10%	424.73	239.28	185.45	1.775
	0%	424.73	265.87	158.86	1.598
	10%	424.73	292.46	132.27	1.452
	20%	424.73	319.04	105.69	1.331

3. 산업간 연쇄효과 분석 결과

- 각 산업별 감응도 계수는 화학제품 부문이 2.0587로 가장 크며, 1차 금속제품과 도소매서비스 부문이 각각 1.9658 및 1.8177로 각각 2위 및 3위를 차지하고, 폐사어 자원화 사업의 감응도 계수는 1.1532로 11위를 차지함

- 각 산업별 영향력 계수는 운송장비 부문이 1.1760으로 가장 높게 나타났으며, 1차 금속제품 및 금속제품 부문이 각각 1.1409 및 1.1203으로 2위 및 3위를 차지하고 있으며, 폐사어 자원화 사업의 영향력 계수는 1.0706으로 7위를 차지하고 있어 비교적 큼을 알 수 있음
- 따라서 폐사어 자원화 사업은 전방연쇄효과와 후방연쇄효과가 모두 크기에 중간수요적 제조업형이라 할 수 있음

4. 수요유도형 모형을 이용한 파급효과 분석 결과

- 폐사어 자원화 사업에 1원 투자할 경우 타 산업에 1.7198원의 생산유발효과를 발생하며 산업 순으로는 1차 금속제품과 도소매서비스 순으로 영향을 미치는 것으로 나타났으며, 자기산업에 미치는 효과 1.0000원을 포함한 **전체 생산유발 효과는 2.7198원**으로 나타남
- 부가가치유발효과의 경우 폐사어 자원화 사업에 1원을 투자할 경우 타산업에 0.6082원의 부가가치유발효과를 발생하며 산업 순으로는 도소매서비스업과 사업지원서비스 순으로 영향을 미치는 것으로 나타났으며, 자기산업에 미치는 효과 0.0.2454원을 포함한 **전체 부가가치 유발효과는 0.8536**으로 나타남
- 취업유발효과의 경우 폐사어 자원화 사업에 **10억원 투자 시** 타산업에 10.7918명의 취업유발효과가 나타나는데 도소매서비스업에 미치는 영향이 가장 큰 것으로 나타났으며, 자기산업에 대한 취업유발효과 8.9945명을 포함한 **전체 취업유발효과는 19.7863명**으로 나타남

〈표 3-6〉 경제적 파급효과 분석

산업 번호	부문명	생산유발효과 (단위 : 원)	순위	부가가치 유발효과 (단위 : 원)	순위	취업유발효과 (단위 : 명/십억원)	순위
1	농림수산물	0.0178	22	0.0098	16	0.4425	6
2	광산품	0.0015	29	0.0002	30	0.0049	30
3	음식료품	0.0247	18	0.0058	20	0.1577	16
4	섬유 및 가죽제품	0.0198	19	0.0043	24	0.1042	19
5	목재 및 종이, 인쇄	0.0289	16	0.0079	19	0.1445	18
6	석탄 및 석유제품	0.1366	3	0.0088	18	0.0109	29
7	화학제품	0.0956	6	0.0174	14	0.1567	17
8	비금속광물제품	0.0125	23	0.0034	26	0.0338	25
9	1차 금속제품	0.1938	1	0.0257	9	0.1812	15
10	금속제품	0.1089	5	0.0331	8	0.2794	10
11	기계 및 장비	0.0833	9	0.0237	10	0.2980	9
12	전기 및 전자기기	0.1275	4	0.0349	7	0.2283	13
13	정밀기기	0.0181	21	0.0052	22	0.0645	22
14	운송장비	0.0112	26	0.0025	28	0.0177	26
15	기타 제조업 제품 및 임가공	0.0931	7	0.0394	5	0.2523	11
16	전력, 가스 및 증기	0.0673	12	0.0180	13	0.0495	24
17	수도, 폐기물 및 재활용서비스	0.0123	24	0.0057	21	0.0593	23
18	건설	0.0092	27	0.0032	27	0.0748	21
19	도소매서비스	0.1905	2	0.0965	1	2.7511	1
20	운송서비스	0.0657	13	0.0235	11	0.6867	4
21	음식점 및 숙박서비스	0.0409	15	0.0154	15	0.6736	5
22	정보통신 및 방송서비스	0.0116	25	0.0051	23	0.0168	27
23	금융 및 보험서비스	0.0770	10	0.0409	4	0.4185	7
24	부동산 및 임대	0.0625	14	0.0466	3	0.1866	14
25	전문, 과학 및 기술서비스	0.0678	11	0.0386	6	0.7182	3
26	사업지원서비스	0.0880	8	0.0591	2	2.0682	2
27	공공행정 및 국방	0.0267	17	0.0197	12	0.2389	12
28	교육서비스	0.0010	30	0.0007	29	0.0147	28
29	보건 및 사회복지서비스	0.0070	28	0.0036	25	0.1001	20
30	문화 및 기타서비스	0.0194	20	0.0096	17	0.3581	8
타산업에 미치는 효과		1.7198		0.6082		10.7918	
자기산업에 미치는 효과		1.0000		0.2454		8.9945	
합계		2.7198		0.8536		19.7863	

5. 경제적 파급효과 종합 결과

- 총 연구비 140억원을 활용하여 폐사어 자원화 사업의 경제적 파급효과의 분석 결과는 아래 그림과 같음
- 폐사어 자원화 사업의 총 연구비로 인해 발생하는 생산유발효과는 870억원, 부가가치 유발효과는 273억원, 취업유발효과는 총 633.2명에 달하는 것으로 분석됨

	자기 산업 효과	타 산업 효과	총 효과
생산유발효과 (단위 : 억원)	1.0000 320	1.7198 550	2.7198 870
부가가치유발효과 (단위 : 억원)	0.2454 79	0.6082 195	0.8536 273
취업유발효과 (단위 : 명/10억원당)	8.9945 345.4	10.7918 287.8	19.7863 633.2

6. 경제적 타당성 분석의 근거자료

가. 편익 추정

(1) 경제적 가치의 추정의 일반 이론

○ 경제적 가치의 정의

- 경제적 가치는 화폐단위로 계산된다는 것을 의미하며, 경제학적 개념에 근거
- 경제적 의미의 가치는 후생경제학 개념에 근거하는데, 그 기본적인 전제는 개인의 경제활동은 개인들이 자신의 후생을 증가시키고자 하는 것에 있음. 즉, 어떤 주어진 상황에 대한 각 개인의 후생 수준은 자신이 가장 잘 판단

○ 경제학적 접근 방법론의 특징

- 경제적 가치를 추정하기 위한 방법론은 크게 경제학적 접근법과 비경제학적 접근법으로 구분

- 경제학적 관점에서 본다면 분석 대상 재화나 사업의 경제적 가치를 추정하기 위해서는 경제적 경제학적 접근법을 적용하는 것이 적절하며, 경제학적 접근법의 적용이 어려운 경우에 한하여 제한적으로 편익이전 기법, 대체비용 접근법 등의 비경제학적 기법을 적용하는 것이 타당

○ **경제학적 기법 적용의 특징 및 장점**

- 경제학적 접근법은 크게 현시선호 접근법과 진술선호 접근법으로 구분

<표 3-7> 경제학적 접근법 구분

구 분	현시선호 평가법	진술선호 평가법
직접적 추정법	경쟁시장에서의 가격	조건부 가치추정법
간접적 추정법	헤도닉 가격기법 여행비용 평가법 회피행동 모형	선택실험법
특징	시장에서의 거래행위 관찰 사후적 평가법	가상적 시장 이용 사전적 평가법

- 현시선호 접근법은 경제주체의 행동으로 나타난 자료를 이용하여 관심대상 비시장재화의 가치를 간접적으로 추정하는 기법
- 진술선호 접근법은 비시장재화에 대한 선호에 대해 경제주체에게 직접 물어보고 응답을 이끌어내어 분석함으로써 가치를 추정하는 기법
- 현시선호 접근법은 적용대상에 있어서 제약성이 크며, 이론적인 관점에서 과대추정 혹은 과소추정의 문제점을 안고 있는 상황
- 하지만 실증적인 관점에서 살펴보면 진술선호 접근법으로 구한 값이 현시선호 접근법의 적용을 통해 구한 값보다 작은 경우가 흔히 관측
- 따라서 사전적으로 어느 방법이 더 우월하다고 판단하기에는 어려움이 크나 판단해야하는 재화는 사업의 속성에 따라 적용해야 함
- 특히 경제학적 기법은 시장에서의 소비자 잉여 또는 생산자 잉여 등 거래행위 속에서 나타나는 가치를 정확히 추정하는 방법론으로서 분석 대상 재화 또는 사업의 객관적 타당성을 제시할 수 있는 장점이 존재

○ **편익이전 기법 활용**

- 비경제학적 기법은 적용결과를 받아들이는 데 있어서 제약성이 존재하며, 결과의 활용이란 관점에서도 제약적

- 예를 들어 연구개발사업의 경제적 가치를 추정하기 위해서는 원칙적으로 수요 곡선 접근법이나 부가가치 접근법과 같은 경제학적 방법론에 근거해야 하나 경우에 따라서는 이것이 용이하지 않거나 불가능할 수 있음
- 이런 경우에는 국내외 분석사례를 참고하여 해당 상황에 맞게 조정하는 편익 이전(benefit transfer) 작업을 해야 하는 상황
- 예를 들어 외국에서 측정한 편익을 구매력지수와 분석시점 등을 종합적으로 고려하여 국내 상황에 맞게 조정한 값을 이용할 수 있으나, 이러한 방법은 왜곡된 결과를 초래할 수 있으므로 적용과 해석상의 주의가 요구
- 한편 편익이전 기법 적용도 용이하지 않다면 대체비용 접근법을 이용하여 구한 값을 편익의 대용 값으로 삼는 것을 고려할 수 있음

나. 연구개발사업의 편익 추정 방법론

○ 연구개발 활동의 파급효과 분류

- 편익 추정의 단위는 개별 사업이고 평가 대상의 장단점을 합리적으로 분석하여 평가결과를 도출
 - 편익 추정은 사업 전후(before and after)가 아닌 시행 유무(with or without) 비교를 통하여 사회 후생의 차이를 분석해야 함
- 사전적으로 편익(benefit)이란 (+)의 사업효과를 의미하며 연구개발사업의 편익이란 연구개발사업의 수행으로 인해 발생할 것으로 기대되는 (+)의 결과물을 의미
- 미시경제학적으로 연구개발사업의 편익은 추가적으로 발생하는 소비자 잉여의 증가분 또는 생산자 잉여 증가분 등으로 정의 가능
- 연구개발활동은 과학기술 지식, 민간의 수익, 파급효과 등의 관점에서 정의할 수 있는데, 이를 파급의 관점에서 다시 정의하면, 지식파급, 시장파급, 네트워크 파급 등으로 구분 가능
 - 지식파급은 지식의 창출자와 사용자가 다른 경우 발생, 시장파급은 시장기능에 의해 여타 주체들에게 제품이나 공정상의 편익을 전달해주는 것을 의미
 - 네트워크 파급은 관련 기술들의 집적을 통해 기능 향상을 가능케 하는 것을 의미하는데, 타당성조사에서 반영하는 효과는 지식파급과 시장파급에 한정
 - 지식파급과 시장파급은 사업목표와 직접적으로 연결되고 객관적 산출이 가능할 경우 경제적 타당성의 효과 분석에 반영

<표 3-8> 연구개발활동 파급분류와 예비타당성조사 반영 여부

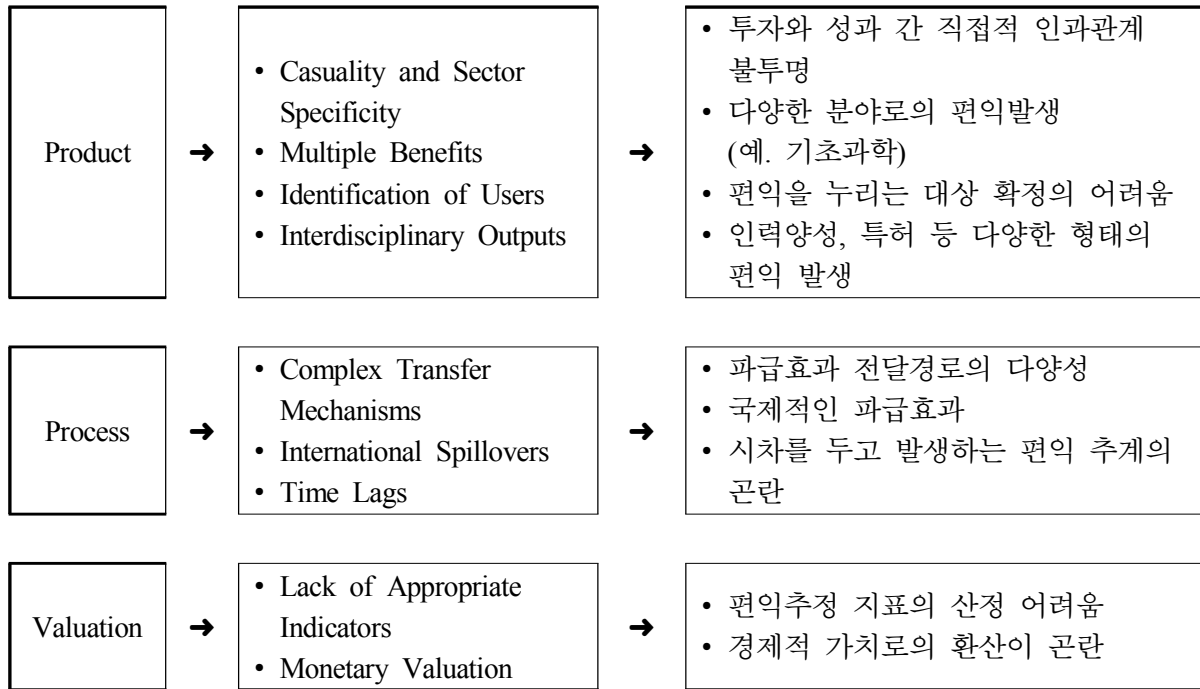
구분	정의 및 특성	예비타당성조사 반영 여부
지식 파급 (knowledge spillovers)	<ul style="list-style-type: none"> • 지식의 창출자와 사용자가 다른 경우 발생 • 역설계, 발간, 특허공개, 연구자 이동 등을 통해 발생 • 일부 계측 가능 • 화폐환산 불가 	<ul style="list-style-type: none"> • 사업목표와 직접적으로 연결되고 객관적 산출이 가능할 경우 경제적 타당성의 효과 분석에 반영
시장 파급 (Market spillovers)	<ul style="list-style-type: none"> • 시장 기능에 의해 여타 주체들에게 제품이나 공정상의 편익을 전달해주는 것 • 추가기능의 구비, 가격의 인하, 저렴한 제품 및 서비스 제공 등으로 발생 • 계측 가능 • 화폐환산 가능 	<ul style="list-style-type: none"> • 사업목표와 직접적으로 연결되고 객관적 산출이 가능할 경우 경제적 타당성의 편익 분석에 반영
네트워크 파급 (Networ spillovers)	<ul style="list-style-type: none"> • 관련기술들의 집적을 통해 기능 향상을 가능케 함 • 각각 기술들의 개발 주체가 분산되어 있어서 개별 주체별로 투자를 망설임 • 계측 불가 • 화폐환산 불가 	<ul style="list-style-type: none"> • 경제적 타당성에서 미반영 • 정책적 타당성의 특수평가항목에서 반영 가능

자료 : KISTEP(2018), 『연구개발부문 사업의 예비타당성조사 수행 세부지침』

○ 연구개발 활동의 편익 추정의 장애요소

- 연구개발사업은 대표적인 비투자 재정사업이자 비정형 사업에 해당
- 이에 연구개발사업의 경제적 가치 평가는, 기술적 불확실성이 높고 가시적 효과를 정량적으로 추정하기 어려우므로, KISTEP(2018)과 OECD(2007)⁵⁾은 다음과 같이 편익 추정의 어려움을 진단
 - 투자 및 성과간의 직접적 인과관계가 불투명하고 편익을 누리는 대상을 명확히 구분하고 식별하는 것이 어려움
 - 파급효과의 전달경로가 다양하고 시차를 두고 시현하는 과정도 발생
 - 편익의 화폐환산화가 어려움

5) OECD(2007), 『Accessing the Socio-Economic Impact of Framework Programme』, OECD DSTI Report



[그림 3-4] 연구개발사업의 편익 추정 장애요소

○ 연구개발사업의 일반적 편익 항목

- KISTEP(2018)은 연구개발부문 예비타당성조사의 일반적 편익항목을 가치창출 편익과 비용저감편익으로 대별
- 가치창출 편익은 연구개발사업의 결과로 소비자의 후생을 향상시키거나 사업의 산출물이 시장을 통해 거래됨으로서 새롭게 부가가치를 창출하는 것을 사업의 목적으로 할 때 반영 할 수 있는 편익항목
 - 가치창출 편익은 성과의 수혜 대상에 따라 소비자 중심 편익과 생산자 중심 편익으로 구분
 - (소비자 중심 편익) 소비자 중심 편익은 연구개발사업의 효과가 소비자에게 영향을 주는 경우로서 후생경제학에 근거를 둠
 - 연구개발사업의 결과로서 신규 시장 재를 창출하는 것은 아니지만 사업의 성과물이 국민에게 기존에 없는 새로운 긍정적인 효과를 주면서 그 효과를 화폐가치로 계량화할 수 있는 경우에 소비자 중심 편익을 반영할 수 있음
 - 시장가치로 계량화할 수 없는 경우에는 진술선호접근법 등을 사용할 수 있음
 - (생산자 중심 편익) 생산자 중심 편익은 연구개발사업의 효과가 생산자에게 영향을 주는 경우에 반영되는 편익항목

- 사업을 통해 새롭게 개발된 산출물이 상용화되어 시장에서 거래됨으로써 발생하는 부가가치의 증가분을 바탕으로 편익을 추정하는 시장수요접근법이 대표적
- 비용저감 편익은 연구개발사업을 통해 개발된 기술을 적용함으로써 특정 분야에서 기존에 소요되던 비용이 감소하는 것과 관련
 - 예를 들어 공정기술의 개선/개량, 또는 새로운 공정기술의 개발을 통해 기존의 생산과정에 존재하는 비효율적인 부분이 제거되거나 또는 투입 요소 대체 등을 통해 생산의 효율성이 증가하여 동일한 양의 산출에 드는 비용이 기존에 비해 낮아짐으로 발생하는 생산비용저감 편익이 대표적
 - 또한 피해비용 저감 편익은 연구개발사업을 통해 개발된 기술을 적용하여 기존에 재난·재해, 사고, 질병 등으로 인해 발생하던 피해비용을 낮출 수 있을 경우에 반영할 수 있음
- 한편, 각 과학기술 지식의 증대 및 관련 파급효과는 가치창출 요소로 분석될 수 있으나 실제 타당성조사시에는 반영하지 않는 것으로 진단하고 있음

<표 3-9> 예비타당성조사 편익 반영 항목

구분	예비타당성조사시 편익 반영	예비타당성조사시 편익 미반영	
가치창출 편익	<ul style="list-style-type: none"> ○ 소비자 중심 편익 <ul style="list-style-type: none"> - 연구개발사업의 효과가 소비자에게 영향을 주는 경우(후생경제학에 근거) ○ 생산자 중심 편익 <ul style="list-style-type: none"> - 연구개발사업의 효과가 생산자에게 영향을 주는 경우(i.e. 시장수요 접근법) 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 과학기술 지식 (논문, 특허 등) ○ 과학기술자의 교육 훈련 ○ 지역개발효과 ○ 지역산업구조 개편 ○ 생산 유발효과 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 부가가치 유발효과 ○ 고용 유발효과 ○ 수입 유발효과 ○ 수출 유발효과 ○ 소득 분배효과 ○ 취업 유발효과
비용저감 편익	<ul style="list-style-type: none"> ○ 생산비용저감 <ul style="list-style-type: none"> - 자원비용, 공정비용, 연구장비 사용비용, 출장비용 등 각종 생산비용의 저감 ○ 피해비용저감 편익 <ul style="list-style-type: none"> - 재난·재해, 사고, 질병 등으로 인해 발생하는 피해비용의 저감 		

○ 연구개발사업의 편익 분석을 위한 기준선 분석 원칙

- 연구개발사업의 사업 시행 효과를 분석하기 위해서는 사업 유무에 따라 각각에 대한 분석을 하여 그 차이를 비교하는데, 이를 위해 합리적인 기준선 분석이 시급
 - 첫째, 사업 추진을 통해 해결되는 문제를 중심으로 현재와 미래의 상태에 관련된 경제사회적 변수들을 구체적이고 명료하게 제시해야 함
 - 둘째, 분석을 위한 모든 변수들을 구분하여 정량값을 제시해야 함
 - 셋째, 기준선 구체화를 위한 노력 수준을 적절히 결정해야 함
 - 넷째, 기준선의 상태를 구체화하기 위한 모든 가정들을 명시하고 구체적으로 설명할 필요가 있음
 - 예를 들어, 기준선 분석은 현재 상태 및 미래에 대한 예측분석이므로 확보가 어려운 사항과 관계에 대한 가정이 필수적으로 수반되며, 타당성조사 주체는 분석에 적용된 가정의 목록을 제시하고 값들을 명시함으로써 기준선 분석결과의 재현성을 확보해야 하고 적용된 가정과 더불어 경쟁기술의 발전 추이, 해당 기술의 요소 중 불확실한 부분 등과 같이 논의를 통해 제외되는 가정도 있게 되는데 제외의 이유를 구체적으로 보고서에 명시할 필요가 있음
 - 다섯째, 시간 기준으로 기준선을 설정하는 시점과 종료시점을 구체적으로 제시 할 필요가 있음
 - 여섯째, 기준선 설정의 과정에서 불확실한 모든 요인에 대해 상세히 기술해야 함
 - 마지막으로, 분석 대상사업의 경제적 타당성 분석 과정에서 기준선에 적용된 가정들을 준용해야 함

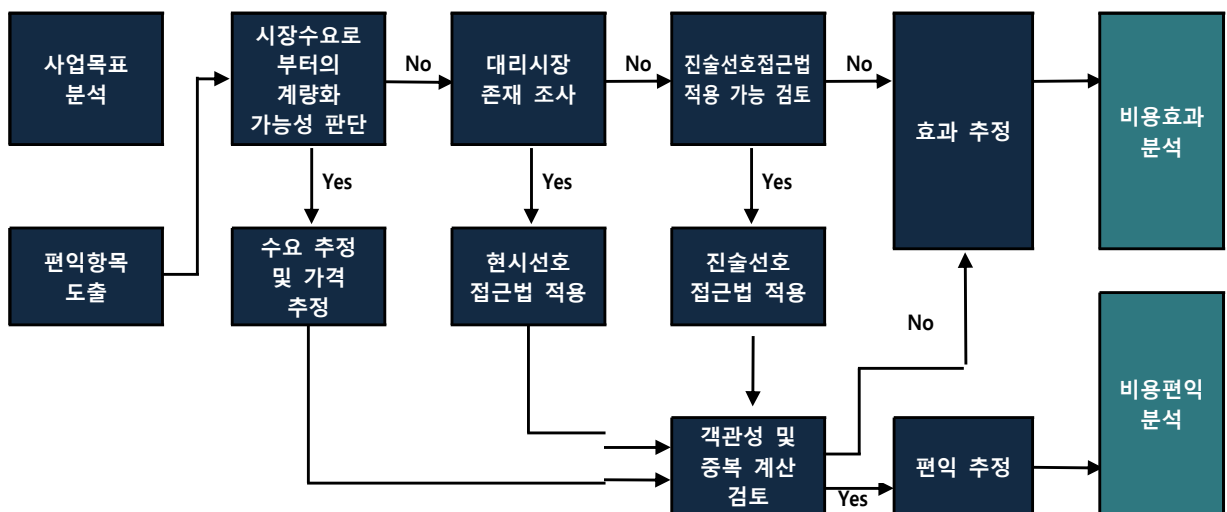
〈표 3-10〉 예비타당성조사시 기준선 분석 준수 원칙

준수 사항	설 명
사업 추진을 통해 해결되는 문제를 중심으로 현재와 미래의 상태에 관련된 경제사회적 변수들을 구체적이고 명료하게 제시할 것	사업 추진을 통해 해결되는 문제에 대한 구체화와 해결되는 정도의 정량적인 제시, 현재의 상태, 문제가 해결되는 과정에 대한 사항, 사업 추진 과정과 결과물에 의해 영향을 받는 주체들에 대한 사항을 중심으로 기술
분석을 위한 모든 변수들을 구분하여 정량값을 제시할 것	예비타당성조사 주체는 사업 시행과 미시행 경우의 비교분석을 수행해야 하므로 이 과정에서 필요한 변수들의 식별은 결과의 엄밀성 확보를 위해 필요
기준선 구체화를 위한 노력의 수준을 적절히 결정할 것	기준선에 대한 분석은 확보된 자료를 토대로 자료를 연결시키는 모형을 적용하고 이 과정에서 자료가 확보되지 않은 부분에 대한 적절한 가정 도입으로 진행됨. 즉, 자료의 수준, 모형의 수준, 가정의 수준 등이 기준선 분석 결과의 수준을 결정하게 되므로 구체화를 위한 노력의 수준을 예비타당성조사 기간과 재원의 범위 내에서 설정해야 함
기준선의 상태를 구체화하기 위한 모든 가정들을 명시하고 구체적으로 설명할 것	기준선 분석은 현재 상태 및 미래에 대한 예측분석이므로 확보가 어려운 사항과 관계에 대한 가정이 필수적으로 수반됨. 예비타당성조사 주체는 분석에 적용된 가정의 목록을 제시하고 값들을 명시함으로써 기준선 분석결과의 재현성을 확보해야 함. 적용된 가정과 더불어 경쟁기술의 발전 추이, 해당 기술의 요소 중 불확실한 부분 등과 같이 논의를 통해 제외되는 가정도 있게 되는데 제외의 이유를 구체적으로 보고서에 명시
시간 기준으로 기준선을 설정하는 시점과 종료시점을 구체적으로 제시할 것	예비타당성조사 기준선 분석의 시점은 사업 착수 시점이며 종료시점은 경제적 타당성 분석의 기간과 동일함. 종료시점의 설정은 사업 추진을 통한 효과 발생의 지연 및 지속과 관련된 사항임
기준선 설정의 과정에서 불확실한 모든 요인에 대해 상세히 기술할 것	불확실한 요인을 명확히 제시하고 가정에 따른 민감도 분석 결과를 제시함
분석 대상사업의 경제적 타당성 분석 과정에서 기준선에 적용된 가정들을 적용할 것	경제적 타당성 분석에서 다수의 시나리오를 비교하는 경우, 비용효과 분석에서 다수의 대안을 비교하는 경우에 있어서 기준선은 동일하게 적용해야 함

자료 : KISTEP(2018), 『연구개발부문 사업의 예비타당성조사 수행 세부지침』

○ 연구개발사업의 경제성 분석 프로세스

- 연구개발사업의 예비타당성조사의 편익 추정은 ‘사업 분석 → 편익항목 도출 → 자료의 가용성(可用性, availability) 확인 → 편익 추정방법의 선택 → 항목별 수요(시장) 또는 비용 도출 → 가치 계산’의 과정을 거침
- KISTEP(2018)은 경제성 분석시, 사업을 면히 분석하여 사업목표와 수혜자를 명확히 식별하고, 사업의 핵심목표 및 수혜자와 일관성을 가지면서 사업으로부터 직접적으로 얻어지는 효과를 편익항목으로 선정해야 한다고 제안
 - 연구진은 해당 편익의 추정에 사용될 자료를 최대한 확보하기 위해 노력하며, 자료의 가용성에 따라 편익 추정방법을 선택해야 함
 - 사업의 성과와 직접 관련되는 수요/시장 자료 또는 비용 자료의 확보가 어려운 경우에는, 유사(대리)시장의 존재를 확인하고 이에 대한 자료를 확보하여 편익을 추정한다고 가정, 즉, 비용 대체 접근법, 편익이전 기법 등을 추가로 제안
 - 이러한 편익 추정에 사용되는 수치들은 신뢰성이 있으며 객관적인 자료에 근거할 필요
 - 연구개발사업의 경제성 분석은 시장 수요 진단 가능성, 대리시장 존재 가능성 등을 종합적으로 판단하여 비용효과분석 또는 비용편익분석으로 나누어 분석
 - 본 분석은 종합적 판단 결과, 비용편익분석을 통해 접근



[그림 3-5] 연구개발사업 경제성 분석 프로세스

나. 경제성 분석 결과

(1) 관련 시장 동향

○ 수입 어분 시장 현황

- 어분 수입 현황

- 어분은 KMI(2007)⁶⁾에 따라 무역 코드 HSK 230120으로 식별, K-STAT 자료 활용
- 2018년 기준 우리나라 어분은 총 51,505,387Kg, 90,064천불이 수입되고 있으며, 전년대비 소폭 증가세를 보이고 있는 것으로 확인

<표 3-11> 어분 수입 현황

(단위: 천불, Kg, %)

연도	수입금액	전년대비 수입금액 증감률	중량	전년대비 중량 증감률
2018	90,064	4.4	51,505,387	1.1
2017	86,232	-3.3	50,941,744	0.1
2016	89,191	-6.7	50,883,918	2.7
2015	95,560	4.1	49,561,071	-7.3
2014	91,798	44.8	53,485,194	52.3

자료 : 한국무역통계진흥원

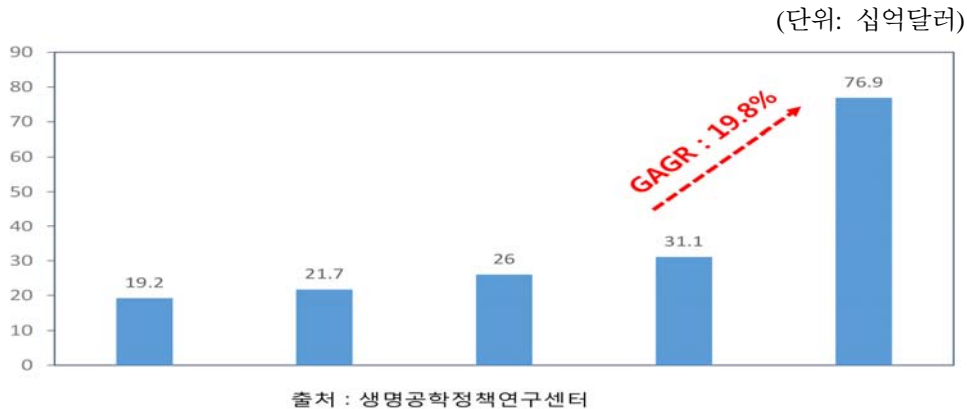
○ 재생 의료 시장 현황

- 생체의료시장과 연계되어 있는 글로벌 재생의료 시장⁷⁾은 2024년까지 768억 달러 규모로 확대될 것으로 전망
 - (전체 시장) 글로벌 재생의료 시장은 2018년 250억 달러 규모를 형성하였으며 이후 6년간('19~'24년) 연평균 성장률(CAGR) 19.8%로 빠르게 성장하여 2024년에는 768억 달러 규모로 확대될 전망
 - (지역별 시장) 전 세계 지역별 재생의료 시장은 북아메리카 지역이 104억 (40%, 2018년)로 가장 높은 비중을 차지하였으나, 연평균 성장률은 아시아-태평양 지역이 23.8%로 급격한 성장 예상

6) KMI(2007), 「9월 어분 생산 및 가격 동향」, 지구촌해양수산 제389호

7) 생명공학정책연구센터(2019), 「글로벌 재생의료 시장 현황 및 전망」, 바이오인더스트리 제141호

- (기술별 시장) 재생의료 기술별 시장 현황은 줄기세포치료제 시장규모가 2018년 40%(103억 달러)의 비중을 차지하며 2024년까지 가장 큰 비중을 유지할 전망
- (응용분야별 시장) 재생의료 기술이 활용되는 응용분야별 시장은 피부질환 분야가 35%(92억 달러, 2018년 기준)로 가장 높은 비중을 차지



[그림 3-6] 글로벌 재생의료시장 규모 및 전망

(2) 편익 추정 구도

○ 연구 기대 효과를 통한 편익 항목 도출

- 편익항목은 연구사업의 개요 중 연구개발결과의 활용방안을 바탕으로 식별 가능한 편익항목을 도출
- 본 연구개발사업은 미이용 자원의 재순환 응용기술개발로 수입 어분의 대체효과 도모, 생체적합 소재 개발로 조직재생 소재 확보 및 활용 증대, 자원 순환 인식 제고 효과 등으로 요약 가능
- 구체적으로 살펴보면, 기술적 기대효과로는, 미이용 자원의 재순환 응용기술개발, 양식부산물 가공기술 개발, 2차 부산물 처리 기술개발로 단계별 소재화 기술 확보 기대
- 경제적 기대효과로는, 수입원료 대체효과, 정부지출비용 및 경영비용 감소, 수출기반 산업으로 성장 가능
- 사회적 기대효과로는, 양식 폐기물 인식 전환 및 제고, 환경문제 해결로 지역 갈등 개선, 저(고) 수온기 대량폐사 활용 가능
- 따라서 본 연구의 편익으로 폐어사 자원화를 통한 수입 어분 대체 편익, 생체 소재 시장 부가가치 증대 편익, 자원 순환 인식 제고 편익 등을 검토할 수 있음

○ 주요 편익 항목의 개요

- 수입 어분 대체 편익
 - 양식부산물 등을 활용하여 수입의존적인 축산사료원을 대체함으로써 현재 수입하고 있는 어분을 대체하는 효과를 경제적 가치로 반영
- 생체소재시장 부가가치 증대 편익
 - 본 연구개발사업로 향후 생체소재 시장내 핵심역량 확보를 통해 발생될 생체소재시장의 부가가치 창출 효과를 경제적 가치로 반영
- 자원순환 인식 제고 편익
 - 미이용 자원의 적극적인 재활용을 통해, 기술적/경제적 효과를 도모, 이로써 국민들에게 자원순환 인식을 개선할 수 있는 계기를 마련, 이의 경제적 가치를 반영

<표 3-12> 편익 항목 개요

편익 항목	내용	반영
수입어분 대체 편익	양식부산물 활용을 통한 수입어분 대체 효과	반영
생체소재시장 부가가치 증대 편익	생체소재 시장의 부가가치 증대 효과	미반영
자원순환 인식 제고 편익	자원 재활용을 통한 자원순환 인식개선 가치	미반영

- 편익 항목 중 생체소재시장 부가가치 증대 편익과 자원순환 인식제고 편익은 현재 타당성 분석 단계에서는 반영하지 않음
 - 부가가치 증대편익 현재 기술 단계에 비취 소재시장에 기여할 특정 물질이 미확정된 상태이고 연구개발사업후 사업화 실증화 단계를 거치기에는 물리적 시간의 한계가 발생할 수 있는 상황이므로 경제적 편익의 보수적 반영 원칙에 따라 현 타당성 분석에는 정량적 가치로는 반영하지 않음
 - 자원순환 인식 제고 편익은 국민들의 입장에서 자원 재활용에 대한 인식 개선과 자원 보전 가치 증대 등이 나타나는 것은 명확하나, 연구개발사업 단위로 식별될 수 있는 정량적 가치는 추정되기에 어려운 상황, 향후 본 연구개발사업이 대규모 사업으로 확대되고 이의 효과가 전국적으로 시현될 때, 대표적인 비시장재 가치추정법인 조건부가치추정법(CVM)을 통해 추정 가능

○ 수입어분 대체 편익 개요

- 수입어분 대체 편익은 다음과 같이 추정됨
 - 어분의 수입 시장규모 × 수입어분 대체율 × R&D 기여율 × 사업기여율 × R&D 사업화 성공률

○ 어분 수입 시장규모 및 대체율

- 어분 수입 시장 규모
 - 전술하였듯이, 우리나라 현재 수입 어분 시장 규모는 총 51,505,387Kg, 90,064천불인 것으로 확인
- 수입어분 대체율
 - 본 연구개발사업이 성공적으로 완수되고 성과 확산의 단계를 거쳐 향후 수입 어분중 10%가 대체될 것으로 가정

○ 기술수명주기

- 국제특허분류(IPC)별 분류체계를 활용하여 각 기술별 기술수명주기를 분석한 한국과학기술기획평가원(2011)⁸⁾의 연구에 따르면, 2000년부터 2009년까지 미국 등록 특허 155만 여건의 인용정보를 이용해 국제특허분류(IPC) 클래스별 기술수명주기 중위수 (median)를 산정하여 제시한 바, 이에 근거하여 편익발생기간을 결정해야 함
 - 한국과학기술기획평가원(2011) 연구에 따르면, 본 연구개발사업의 관련 학문인 생화학 및 미생물학 등에 해당하는 기술수명주기의 중위수를 7.0년으로 분석
 - 기술수명주기는 편익발생기간과 연동되며 본 분석은 특허 기술별 연구의 중위수값과 같게 7년의 편익발생기간을 규정

○ R&D 기여율

- 국가연구개발사업의 직접적 경제적 편익을 산정하기 위해서는 해당 시장에서 창출된 부가가치 중에서 연구개발이 기여한 정도를 고려할 필요가 있음
- R&D 기여율은 연구개발성과의 상업화를 통해 부가가치가 창출되었을 때, 전체 부가가치 가운데 연구개발에 의한 기여분이 어느 정도인지를 나타내는 지표이며, 해당 사업의 경제적 가치를 정확히 추정하기 위해 활용
- 본 분석에서는 최근 2018년에 확정된 「제4차 과학기술기본계획」에 근거하여 40.0%를 적용

8) 한국과학기술기획평가원(2011), 『예비타당성조사를 위한 지식기반 분석시스템 구축』

- 참고적으로, 본 R&D기여율은 KISTEP이 주관하는 최근 예비타당성조사에서 동일하게 적용되고 있는 수치

○ R&D 사업화 성공률

- 연구개발사업을 통한 기술개발 성과가 시장에서의 편익창출로 이어지기 위해서는 실증 및 상용화 과정을 거치게 되는데, 이러한 과정에서 존재하는 불확실성을 반영하기 위해 R&D사업화 성공률을 반영함
- R&D사업화 성공률은 통상적으로 연구관리 전문기관들에서 발간하는 최신 성과보고서 또는 연구보고서의 수치를 활용하여 적용
- 임현(2016)의 연구는 기술분야별 사업화 성공률을 제시하고 있는데, 본 보고서에서의 기술분야별 사업화 성공률은 다음과 같음
- 본 연구개발사업은 임현(2016)의 연구에서 제시하고 있는 기술분야별 사업화 성공률에서 바이오의료와 밀접한 연관이 있어, 본 분야의 사업화 성공률인 42.3%를 적용함

<표 3-13> 기술분야별 사업화 성공률

기술분야	9단계 이상 사업화 성공률(%)
전체	46.4
기계소재	47.7
바이오의료	42.3
전기전자	44.4
정보통신	48.0
지식서비스	57.6
화학	49.2
에너지·자원	24.3

자료 : 임현(2016), 2015년 R&D사업 예비타당성조사 일관성 제고를 위한 조사 체계 개선 방향 연구, 미래창조과학부

○ 사업기여율

- 사업기여율은, 연구개발사업의 성과가 시장을 통해 발생하는 가치창출 편익의 추정 시 적용하는 주요 인자
- 사업기여율 추정시 활용되는 기존 정부재원 연구개발비는 기존의 유사·중복사업 및 과제의 연구개발비이므로, 편익 대상의 범위(과제/기술/제품 등)와 대응하는 범위로 유사·중복성의 분석이 이루어지는 것이 적절

- 통상적으로 사업기여율 산식은, (본 사업 투자규모/(본 사업관련 분야 국가전체투자규모 + 본 사업 투자규모)에 대입하여 추정
- NTIS(<http://rndgate.ntis.go.kr>) 상에서 본 연구개발사업과 유사한 과제를 검색하여 추정함
- 그런데 본 연구개발사업이 자원 재순환, 폐기물 활용 관점에서, 넘치 폐어사를 활용하여 수입 어분 대체를 도모하고 생체소재시장의 기술 활성화를 목표로 하는 유사사업은 없는 것으로 분석, 이에 사업기여율은 100%로 산정

○ 수입 어분 대체 편익

- 연간 경제적 편익 = 어분의 수입 시장규모 × 수입어분 대체율(10%) × R&D 기여율(40.0%) × 사업기여율(100%) × R&D 사업화 성공률(42.3%)
- 2018년 12월말 기준 환율 1,111.72원/달러 적용
- 어분 수입 대체 편익은 다음과 같음

<표 3-14> 어분수입 대체 편익

연도	어분수입 대체 편익(억원)
2025	-
2026	-
2027	-
2028	92.5
2029	93.9
2030	95.3
2031	96.7
2032	98.1
2023	99.6
2024	101.1
합계	768.2

(3) 경제성 분석 개요

○ 경제성 분석 방법

- 경제적 타당성에 관한 분석은 일단 그 사업이 어느 정도의 경제적 가치가 있는 사업인지를 파악할 수 있도록 함으로써 사업에 대한 이해를 돕게 됨

- 경제적 타당성을 평가하는 분석기법으로는 편익/비용 비율(B/C ratio), 순현재 가치(NPV, Net Present Value), 내부수익률(IRR, Internal Rate of Return,) 등이 있는데, 일반적으로 이해가 용이하고, 사업규모의 고려가 가능한 B/C 분석 기법을 많이 사용함

○ 경제성 분석 기법 비교

- 경제성 분석 기법 개요

<표 3-15> 경제성 분석 기법

분석기법	장 점	단 점
편익/비용 비율	<ul style="list-style-type: none"> • 이해 용이 • 사업규모 고려 가능 • 비용편익 발생기간의 고려 	<ul style="list-style-type: none"> • 편익과 비용의 명확한 구분 곤란 • 상호배타적 대안선택의 오류발생 가능 • 사회적 할인율의 파악
내부수익률	<ul style="list-style-type: none"> • 사업의 수익성 측정 가능 • 타 대안과 비교가 용이 • 평가과정과 결과 이해가 용이 	<ul style="list-style-type: none"> • 사업의 절대적 규모 고려치 않음 • 몇 개의 내부수익률이 동시에 도출될 가능성 내재
순현재가치	<ul style="list-style-type: none"> • 대안 선택 시 명확한 기준 제시 • 장래발생편익의 현재가치 제시 • 한계 순현재가치 고려 • 타 분석에 이용가능 	<ul style="list-style-type: none"> • 할인율의 분명한 파악 • 이해의 어려움 • 대안 우선순위 결정시 오류발생 가능

- 편익/비용 비율 : 사업 운영 후 연도별 발생하는 편익과 투입되는 비용(사업비 및 유지관리비)을 적정 할인율로 할인하여 기준년도 가격으로 환산한 금액의 비율을 말하며, 일반적으로 (편익/비용 비율)≥1이면 경제성이 있다고 판단함

$$\text{편익:비용비율}(B/C) = \frac{\sum_{t=0}^n \frac{B_t}{(1+r)^t}}{\sum_{t=0}^n \frac{C_t}{(1+r)^t}}$$

- 여기서, B_t : 편익의 당해 연도 값
- C_t : 비용의 당해 연도 값
- r : 할인율(이자율)
- n : 내구년도(분석년도)

- 내부수익률 : 내부수익률이란 현재가치로 환산한 편익과 비용의 값이 같아지는 할인율 r 을 구하는 방법으로 일반적으로 내부수익률이 사회적 할인율보다 크면 경제성이 있다고 판단

$$\text{내부수익률(IRR)}: \sum_{t=0}^n \frac{B_t}{(1+r)^t} = \sum_{t=0}^n \frac{C_t}{(1+r)^t}$$

- 순현재가치 : 순현재가치란 사업에 수반된 모든 비용과 편익을 기준년도의 현재가치로 할인하여 총 편익에서 총 비용을 제한 값이며 (순현재가치) ≥ 0 이면 경제성이 있다고 판단

$$\text{순현재가치(NPV)} = \sum_{t=0}^n \frac{B_t}{(1+r)^t} - \sum_{t=0}^n \frac{C_t}{(1+r)^t}$$

○ 경제성 분석 시 고려 사항

- 경제성 분석에 있어 비용과 편익은 모두 사회적 비용 및 편익으로 간주할 수 있는데 일반적으로 공공투자시설의 경우 비용은 실질적으로 투자되어 사용된 비용을 계상하는 반면 편익은 회수방법을 통한 실제수익이 아닌 사회적 편익을 기준으로 함
- 본 사업이 추진되면, 5년의 연구기간(2020년~2024년)이 소요될 것으로 예상됨에 따라 연구 완료 후 사업의 계획에 따라 2028년부터 편익이 순차적으로 발생하는 것으로 계획하였으며, 분석기간은 기술수명주기인 7년으로 함 (사업화 전제 회입기간 3년적용)
- 연구개발 사업은, 그 성격상 비용이 초기에 집중 발생하는 반면, 편익은 연구개발사업 후 후 장기간 동안 발생하기 때문에 분석기간 동안 예상되는 비용과 편익에 사회적 할인율을 적용하여 현재가치로 환산하여 평가함

○ 경제성 분석 시 전제

- 사회적 할인율
 - 비용과 편익의 미래 흐름을 비교하기 위하여 사용되는 할인율은 자원의 기회비용, 즉 투자사업에 사용된 자본이 다른 투자사업에 사용되었을 경우 얻을 수 있는 수익을 추정하게 할 뿐 아니라 사람에 따라 혹은 사회에 따라 그리고 시대에 따라 다를 수 있는 시간의 객관적인 가치를 나타냄
 - 할인율 개념의 적용에 있어서는 많은 이견이 있으나 특정 건설사업이 정부에 의해 주도되는 경우에는 사회적 할인율의 개념을 적용하고 민간자본에 의해 추진되는 경우에는 시장이자율에 근거한 재무적 할인율을 적용하는 것이 일반적

- 사회적 할인율은 통상 시장이자율보다 낮은 수준으로 책정되는데 그 이유는 사회적 할인율을 사용하여 사업타당성을 평가하는 주체가 주로 정부이며 정부로서는 미래사업의 중요성이 더 높게 평가되어야하기 때문임
- 대부분의 국가는 투자사업의 특성에 따른 할인율을 자국의 경제성장률, 물가상승률, 경제적 잠재능력 등을 고려하여 개괄적인 방법으로 정부가 추정하여 사용하고 있어 데 본 연구에서의 사회적 할인율은 기획재정부가 2017년 8월에 발표한 「예비타당성조사제도 개편안」에 의거하여 4.5% 적용

7. 경제적 파급효과 분석의 근거자료

가. 산업연관분석 방법론

(1) 분석방법론

○ 산업연관분석의 개요

- 본 절의 목적은 폐사어 자원화 사업의 국민경제적 역할을 분석하기 위해 적용하는 연구방법론인 산업연관분석에 대해 설명하면서 각종 파급효과를 구하여 계량적인 수치로 도출하는 것이며, 특히 경제적 파급효과로서 생산유발효과, 부가가치 유발효과, 취업유발효과 등에 초점을 맞춤
- 이를 위해서는 폐사어 자원화 사업뿐만 아니라 다른 모든 경제부문을 미시적으로 파악하면서도 거시적인 상호관계도 관찰하여야 하는데, 본 연구에서는 산업연관분석(inter-industry analysis)을 적용함
- 산업연관분석 또는 투입산출분석(input-output analysis)이란 생산 활동을 통하여 이루어지는 산업 간의 상호연관관계를 수량적으로 파악하는 분석방법으로 국민경제 전체를 포괄하면서 전체와 부분을 유기적으로 결합함
- 따라서 산업연관분석은 거시적 분석이 미치지 못하는 산업과 산업 간의 연관관계까지도 분석이 가능하기 때문에 구체적인 경제구조를 분석하는 데 유리함
- 폐사어 자원화 사업의 경제적 파급효과와 타 부문과의 비교를 시도할 뿐만 아니라 폐사어 자원화 사업을 중심으로 살펴보기 위해서는 폐사어 자원화 사업의 총산출 변동에 초점을 맞추어 폐사어 자원화 사업을 외생화(exogenous specification)한 분석도 수행함

- 산업연관분석에서는 내생변수와 외생변수가 혼합되어 있는 경우, 외생적인 힘이 될 변수를 밖으로 내어주어 그 변수가 내생적인 경제부문에 미치는 영향을 살펴볼 수가 있는데 이를 외생화라고 하며, 외생화 기법을 적용하면 총수요가 아닌 특정부문의 산출물이 미치는 영향과 그 산출물이 타 산업에 유발하는 효과를 보다 명확히 알 수 있음
- 폐사어 자원화 사업의 원활한 생산활동을 위해서는 여러 부문의 산출활동, 즉 다른 부문의 산출물을 중간재로 수요하므로, 폐사어 자원화 사업의 생산활동은 타 산업의 생산활동에 직·간접적으로 영향을 미침
- 특히 폐사어 자원화 사업 부문은 투자가 타 부문에 미치는 파급효과가 클 수 있는데, 이 파급효과는 생산유발의 관점, 부가가치 유발의 관점, 취업유발의 관점이라는 3개 관점에서 살펴 볼 수 있음

○ 산업연관분석의 기본 모형

- 산업연관분석 모형은 산출량 결정에 대해 선형인 부문간 모형으로 한 부문의 생산수준 변화가 다른 부문의 생산물에 대한 연속적인 수요를 어떻게 발생시키는지를 나타내고 있음
- 이 모형은 투입요소의 판매와 구매사이의 연관관계에 강조를 둔 일반균형모형의 성격을 가지기 때문에, 전반적인 경제적 영향을 분석하고 예측하는 데 유용한 방법으로 인식되어 왔음
- n 개의 산업이 경제 내에 존재한다고 할 때, 생산된 재화들은 최종수요를 충족하기도 하고 다른 산업에 중간재로 사용되기도 하며, 중간재를 z 로 나타내고 아래에 첨자를 붙여서 z_{ij} 라고 표기하면 이는 i 부문에서 j 부문으로 투입되는 중간재의 양을 의미
- 산업연관표를 행(行)으로 보면 i 산업의 중간수요(z_{ij}), 최종수요(Y_i), 수입(M_i) 및 총 산출(X_i)이 기록되는데 이는 i 부문의 산출구조를 보여주며, 이러한 산출구조에 대한 관계는 식 (1)과 같이 나타낼 수 있음

$$X_i = \sum_{j=1}^n z_{ij} + Y_i - M_i = \sum_{j=1}^n a_{ij} X_j + Y_i - M_i \quad (1)$$

- 여기서, a_{ij} 는 j 부문에 사용되는 i 재의 투입량의 몫($a_{ij} = z_{ij}/X_j$)이며, 이를 투입계수(input coefficient) 또는 기술계수(technical coefficient)라고 함

- 이 비율은 j 부문에서 한 단위의 산출물을 생산하기 위해 투입된 i 산업의 산출물을 의미하며, 투입과 산출간의 관계를 보여줌으로써 각 부문별 기술 구조 또는 생산관계를 나타냄
- 식 (1)은 특정부문의 총생산이 경제 내 모든 부문의 한 단위 생산을 위해 투입되는 i 번째 부문의 생산액과 소비지출, 수출, 투자, 정부지출에 의한 최종 용도에 수요되는 양을 합한 것과 같다는 것을 의미
- 식 (1)과 달리 산업연관표에서 j 라는 산업을 열(列)로 보면 중간투입(z_{ij}), 부가가치(W_j), 총 투입(X_j)이 기록되는데 이는 j 부문의 투입구조를 보여주며 식 (2)로 표현됨

$$X_j = \sum_{i=1}^n z_{ij} + W_j = \sum_{i=1}^n r_{ij} X_i + W_j \quad (2)$$

- 여기서, r_{ij} 는 행벡터로 구성된 중간투입을 총 투입으로 나눈 것이며($r_{ij} = z_{ij}/X_i$), 이를 산출계수(output coefficient)라고 함
 - 식 (2)는 어떤 부문의 총 생산은 그 부문이 경제 내 모든 부문과 수입부문으로부터 구매한 금액에 이 부문의 원초적 투입요소 또는 부가가치(즉, 임금, 이윤, 세금 등)에 대한 모든 수익을 합한 것과 같다는 것을 의미
- n 개의 산업이 존재하는 경제의 산업연관표의 기본 구조는 [표 15]와 같음

<표 3-16> 산업연관표 구조

구 분	중간수요 (중간재)	최종수요	수입	총산출
중간투입 (중간재)	$\begin{matrix} z_{11} & z_{12} & \cdots & z_{1n} \\ z_{21} & z_{22} & \cdots & z_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ z_{n1} & z_{n2} & \cdots & z_{nn} \end{matrix}$	$\begin{matrix} Y_1 \\ Y_2 \\ \vdots \\ Y_n \end{matrix}$	$\begin{matrix} M_1 \\ M_2 \\ \vdots \\ M_n \end{matrix}$	$\begin{matrix} X_1 \\ X_2 \\ \vdots \\ X_n \end{matrix}$
부가가치	$W_1 \quad W_2 \quad \cdots \quad W_n$			
총 투 입	$X_1 \quad X_2 \quad \cdots \quad X_n$			

- 식 (1)을 전 산업에 대해 축약된 행렬식으로 나타내면 식 (3)이 됨

$$X = Zl' + Y - M = A\hat{X}l' + Y - M \quad (3)$$

- 여기서, Z 는 z_{ij} 로 이루어진 $n \times n$ 행렬
- X 는 x_{ij} 로 이루어진 $n \times 1$ 행렬
- l 은 1을 원소로 하는 $1 \times n$ 행렬
- '은 전치한 것(transpose)을 의미
- A 는 $n \times n$ 으로 이루어진 투입계수 행렬
- 따라서 다음과 같은 식들이 성립

$$X = \begin{bmatrix} X_1 \\ X_2 \\ \vdots \\ X_n \end{bmatrix}, \quad Z = \begin{bmatrix} z_{11} & z_{12} & \cdots & z_{1n} \\ z_{21} & z_{22} & \cdots & z_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ z_{n1} & z_{n2} & \cdots & z_{nm} \end{bmatrix}, \quad Y = \begin{bmatrix} Y_1 \\ Y_2 \\ \vdots \\ Y_n \end{bmatrix}, \quad M = \begin{bmatrix} M_1 \\ M_2 \\ \vdots \\ M_n \end{bmatrix}$$

- 이 때, 투입계수행렬의 정의에 따라 $Z = A(\hat{X})$ 이 성립하며, 또한 \hat{X} 은 행벡터인 X 의 원소를 대각행렬로 나타낸 것으로 $X = \hat{X}l'$ 이고, 식 (3)을 정리하여 다시 쓰면 다음 식이 됨

$$X = (I - A)^{-1}(Y - M) \quad (4)$$

- 여기서, I 는 n 차원 단위행렬

(2) 수요유도형 산업연관분석 모형

○ 수요유도형 모형의 개요

- 식 (4)를 특별히 수요유도형(demand-driven model) 모형이라고 하는데, 이는 식 (4)를 이용하여 최종수요(Y)를 충족하기 위해 필요로 하는 산출량(X)을 구할 수 있기 때문이며, 이러한 수요유도형 모형을 이용하면 생산유발효과, 부가가치 유발효과, 취업유발효과 등을 분석할 수 있음

- 이러한 폐사어 자원화 사업의 유발효과를 관찰하기 위해서는 먼저 폐사어 자원화 사업의 특성에 맞는 생산유발계수표를 선택해야 하는데, 폐사어 자원화 사업의 산출물은 특성상 수입할 수 있지만 수입 부문을 굳이 고려할 필요가 있으며, 국내에서의 과급효과가 우선적인 관심대상이므로 국내수요가 미치는 영향만을 관찰하는 것이 바람직
- 보다 엄밀한 의미에서, 폐사어 자원화 사업 부문이 경제에 유발시키는 효과를 계측하기 위해서는 국산과 수입을 구분하여 작성한 비경쟁수입형표를 이용하는 것이 합리적
- 따라서 비경쟁수입형표에서 도출되는 $(I-A^d)^{-1}$ 형의 생산유발계수를 이용하여 분석하는데, A^d 는 비경쟁수입형표를 통해 재구성한 투입계수를 의미하며, 국내(domestic)를 나타내는 d 를 편의상 이후엔 생략하여, 식 (4)를 비경쟁수입형의 수요유도형 모형으로 재구성하면 식 (5)가 도출됨

$$X = (I - A)^{-1}Y \quad (5)$$

○ 생산유발효과

- 식 (5)를 변동모형(variability model)으로 바꾸면 식 (6)이 됨

$$\Delta X = (I - A)^{-1}\Delta Y \quad (6)$$

- 여기서 Δ 는 변화량을 나타내고, 특히 $(I - A)^{-1}$ 를 레온티에프 역행렬(Leontief inverse) 또는 투입역행렬(Leontief or input inverse matrix)이라 하며, 각 원소는 $\alpha_{ij} = \partial X_i / \partial Y_j$ 로 j 부문 최종수요 한 단위 증가로 인해 직·간접적으로 소요되는 i 부문 산출의 총 변화량을 의미하는 총 상호의존계수를 나타냄
- 투입산출분석은 산업의 투입과 산출을 폐사어 자원화 사업에 대한 중간수요 및 최종수요와 상호 연관 지을 수 있으므로 폐사어 자원화 사업에 대한 수요를 분석하는 데 유용하며, 식 (6)을 통해 최종수요가 변화하는 경우(ΔY), 이를 충족할 산출량(ΔX)을 계산할 수 있음
- 경제에서 폐사어 자원화 사업 부문의 최종수요액(총 산출액) 변화는 곧 그 경제 모형에 외생적인 힘으로 작용하여 여타 산업에 영향을 미치지만, 그러나 통상적인 산업연관분석을 이용할 경우 동해가스전 활용은 내생변수로서 작용하여 다른 부문에 미치는 경제적 과급효과가 정확히 파악될 수 없음

- 또한 다른 부문의 산출에 영향을 미치는 것은 수요가 구체화된 폐사어 자원화 사업의 산출이므로, 폐사어 자원화 사업이 여타 부문에 미치는 영향만을 보이고 폐사어 자원화 사업 산출에 의한 과급효과를 계산하기 위해서는 외생화 작업을 거쳐야 함
- 이러한 외생화 방법을 쓰게 되면 총수요가 아닌 특정부문의 산출이 미치는 영향과 그 산출이 타 산업에 유발하는 효과를 보다 명확히 알 수 있으며, 외생화시키는 것을 e 로 표시하고 폐사어 자원화 사업을 편의상 H 로 표기하기로 함
- 경제를 3개 부문의 단순경제로 보았을 때, 외생화의 작업을 다음과 같이 예를 들어 설명할 수 있음

$$X_1 = a_{11}X_1 + a_{12}X_2 + a_{13}X_3 + Y_1 \quad (7)$$

$$X_2 = a_{21}X_1 + a_{22}X_2 + a_{23}X_3 + Y_2$$

$$X_3 = a_{31}X_1 + a_{32}X_2 + a_{33}X_3 + Y_3$$

$$\begin{bmatrix} (1-a_{11}) & -a_{12} & 0 \\ -a_{21} & (1-a_{22}) & 0 \\ -a_{31} & -a_{32} & -1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X_1 \\ X_2 \\ X_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & a_{13} \\ 0 & 1 & a_{23} \\ 0 & 0 & -(1-a_{33}) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Y_1 \\ Y_2 \\ X_3 \end{bmatrix} \quad (8)$$

- 식 (8)에서 부분행렬(Partitioned matrix)의 역행렬을 취하면 식 (9)가 도출

$$\begin{bmatrix} X_1 \\ X_2 \\ Y_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \alpha_{11} & \alpha_{12} & 0 \\ \alpha_{12} & \alpha_{22} & 0 \\ \beta_1 & \beta_2 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 & a_{13} \\ 0 & 1 & a_{23} \\ 0 & 0 & -(1-a_{33}) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Y_1 \\ Y_2 \\ X_3 \end{bmatrix} \quad (9)$$

- 이 중에 우리가 외생화 작업을 하기 위해서는 식 (7)에서 세 번째 식을 없애는 작업을 하여야 하는데, 이를 식 (9) 행렬을 통해 살펴보면 결과적으로 식 (10)이 됨

$$\begin{aligned} \begin{bmatrix} X_1 \\ X_2 \end{bmatrix} &= \begin{bmatrix} \alpha_{11} & \alpha_{12} \\ \alpha_{12} & \alpha_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 & a_{13} \\ 0 & 1 & a_{23} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Y_1 \\ Y_2 \\ X_3 \end{bmatrix} \\ &= \begin{bmatrix} \alpha_{11} & \alpha_{12} \\ \alpha_{12} & \alpha_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Y_1 + a_{13}X_3 \\ Y_2 + a_{23}X_3 \end{bmatrix} \end{aligned} \quad (10)$$

- 즉, 식 (10)을 행렬식으로 다시 표기하면 식 (11)이 됨

$$X^e = (I - A^e)^{-1}(Y^e + A_3^e X_3) \quad (11)$$

- 이 중 투입계수는 늘 일정하여 산출물계수도 일정하므로 식 (11)을 변동률 식으로 표시하면 식 (12)가 도출

$$\Delta X^e = (I - A^e)^{-1}(\Delta Y^e + A_3^e \Delta X_3) \quad (12)$$

- n 부문으로 일반화시키면서 다른 부문의 최종수요는 변동이 없고 오직 폐사어 자원화 사업의 산출량만 변화한다고 가정하면 식 (12)를 식 (13)과 같이 변형시킬 수 있음

$$\Delta X^e = (I - A^e)^{-1}(A_H^e \Delta X_H) \quad (13)$$

- 여기서, ΔX^e 는 폐사어 자원화 사업을 제외한 다른 부문의 산출량으로서 폐사어 자원화 사업의 산출에 영향을 받은 타 부문의 산출 증감량을 나타냄
- $(I - A^e)^{-1}$ 는 투입계수행렬에서 폐사어 자원화 사업이 포함된 열과 행을 제외시켜 작성한 레온티에프 역행렬을 나타냄
- A_H^e 는 투입계수행렬 A 에서 폐사어 자원화 사업을 나타내는 열벡터 중에서 폐사어 자원화 사업부문의 원소를 제외한 열벡터
- X_H 는 폐사어 자원화 사업의 산출액을 나타냄
- 식 (13)은 폐사어 자원화 사업의 산출이 경제 내 다른 부문의 산출에 미치는 직·간접적인 효과를 나타내는데, 폐사어 자원화 사업에 대한 투자는 자체로서의 산출효과에 그치는 것이 아니라 연관효과를 통해 타 산업 부문의 생산을 유발시켜 결과적으로 전체 산업의 생산을 촉진하므로, 식 (13)으로부터 폐사어 자원화 사업의 총 산출 또는 총 투자로 인한 파급효과를 구할 수 있음

○ 부가가치 유발효과

- 최종수요의 발생이 국내생산을 유발하고 생산활동에 의해서 부가가치가 창출되므로 결과적으로 최종수요의 발생이 부가가치 창출의 원천이라고 할 수 있음

- 따라서 산업연관표를 이용하면 최종수요와 부가가치와의 기능적인 관계도 파악할 수가 있는데, 이러한 관계는 식 (14)로 요약됨

$$W = \hat{A}_v X = \hat{A}_v (I - A)^{-1} Y \quad (14)$$

- 이 때 \hat{A}_v 는 부가가치계수의 대각행렬을 의미하며 부가가치계수행렬은 산출물 1단위의 변동시 부가가치의 변동량을 나타냄
- 식 (14)를 변동모형으로 바꾸면 식 (15)가 됨

$$\Delta W = \hat{A}_v \Delta X = \hat{A}_v (I - A)^{-1} \Delta Y \quad (15)$$

- 이 때 $\hat{A}_v (I - A)^{-1}$ 을 부가가치유발계수 행렬이라 부르며, 생산물에 대한 최종수요 한 단위 발생시 유발되는 부가가치의 크기를 의미
- 생산유발효과의 경우와 동일하게 폐사어 자원화 사업의 산출액으로만 유발되는 부가가치 유발효과를 관찰하기 위해서는 폐사어 자원화 사업을 외생화할 필요가 있으므로, 식 (15)를 외생화하면 식 (16)이 됨

$$\Delta W^e = \hat{A}_v^e \Delta X^e = \hat{A}_v^e (I - A^e)^{-1} (A_H^e \Delta X_H) \quad (16)$$

- W^e 는 폐사어 자원화 사업 외 다른 부문들의 부가가치로 이루어진 행렬
- ΔX^e 는 총산출 행렬에서 폐사어 자원화 사업을 제외한 행벡터로서 식 (13)에서 유도된 것
- \hat{A}_v^e 는 부가가치계수의 대각행렬에서 폐사어 자원화 사업 부문의 행과 열을 제외시키고 남은 행렬을 의미

○ 취업유발효과

- 일반적으로 최종수요가 생산을 유발시키고 생산은 다시 노동수요를 유발시키므로, 최종수요와 노동유발을 연결시킴으로써 최종수요가 유발시키는 취업효과를 의미하는 취업유발효과를 구할 수 있음
- 최종수요와 노동유발을 연결시켜 분석하려면 취업계수와 생산유발계수를 기초로 취업유발계수를 도출해야 하는데, 취업계수(n_i)란 일정기간 동안 생산활동

에 투입된 노동량(N_i)을 총산출액(X_i)으로 나눈 계수($n_i = N_i/X_i$)로서 한 단위의 생산에 직접 소요된 노동량을 의미

- 이 경우 노동량은 취업자와 피용자(피용자뿐 아니라 자영업주와 무급가족종사자 포함)의 두 가지로 나뉘어 파악되므로 각각의 취업계수를 계측하게 되므로, X 를 생산하기 위해서 요구되는 취업자수는 식 (17)로 표현

$$N = \hat{n} X = \hat{n} (I - A)^{-1} Y \quad (17)$$

- 식 (17)에서 $\hat{n}(I - A)^{-1}$ 을 취업유발계수행렬이라 부르며, \hat{n} 은 취업계수행렬의 대각행렬
- 취업유발계수는 어느 산업부문의 생산물 한 단위 생산에 직접 필요한 노동량뿐만 아니라 생산과급과정에서 간접적으로 필요한 노동량도 모두 포함
- 생산유발효과처럼 폐사어 자원화 사업의 산출액이 미치는 취업유발효과를 보기 위해서는 폐사어 자원화 사업을 외생화시켜야 하며, 폐사어 자원화 사업을 외생화한 식은 다음과 같이 표현됨

$$N^e = \hat{n}^e \Delta X^e = \hat{n}^e (I - A^e)^{-1} (A_H^e \Delta X_H) \quad (18)$$

- N^e 는 폐사어 자원화 사업을 제외한 각 부문별 취업인수
- \hat{n}^e 는 취업계수 대각행렬에서 폐사어 자원화 사업 부문의 행과 열을 제외시키고 남은 행렬

○ 산업간 연쇄효과

- 산업간 연쇄효과를 살펴볼 수 있는 지표로는 확산감응도(sensitivity of dispersion)를 측정함으로써 전방연쇄효과(forward linkage effect)를 나타내는 감응도 계수와 확산력(power of dispersion)을 측정함으로써 후방연쇄효과(backward linkage effect)를 나타내는 영향력 계수가 있음(Hirschman, 1958; Jones, 1976)
- 감응도 계수(FL_i)는 전 부문의 최종수요를 모두 한 단위씩 증가시키기 위해 i 번째 산업이 생산해야 할 단위의 전 산업 평균치에 대한 비율로 i 부문에 대해 식 (19)로 정의됨

$$FL_i = \frac{\frac{1}{n} \sum_{j=1}^n \alpha_{ij}}{\frac{1}{n^2} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \alpha_{ij}} = \frac{n \sum_{j=1}^n \alpha_{ij}}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \alpha_{ij}} \quad (19)$$

- 영향력 계수(BL_j)는 전 산업 평균 생산유발계수에 대한 산업별 생산유발계수의 비율로 j 번째 산업에 대해 식 (20)으로 정의됨

$$BL_j = \frac{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \alpha_{ij}}{\frac{1}{n^2} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \alpha_{ij}} = \frac{n \sum_{i=1}^n \alpha_{ij}}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \alpha_{ij}} \quad (20)$$

나. 경제적 파급효과 분석

(1) 분석절차

○ 분석절차

- 분석의 내용은 크게 수요유도형 모형의 생산유발효과와 부가가치 유발효과, 취업유발효과 3가지를 다룸
- 아울러 수요유도형 모형의 운용결과를 활용하여 영향력계수와 감응도 계수를 계산함으로써 다른 산업과 비교한 폐사어 자원화 사업의 경제적 파급효과를 살펴봄
- 본 연구가 가지는 중요한 특징은 폐사어 자원화 사업을 외생화한 분석, 즉 폐사어 자원화 사업을 중심에 놓고 다른 산업에 미치는 영향을 배제함으로써 타 부문에 미치는 파급효과를 보다 정확히 관찰
- 본 연구는 한국은행 기본부문 산업연관표를 출발하여 폐사어 자원화 사업 부문을 별도의 부문으로 외생화 한 후, 31부문 산업연관표를 만들어 이에 근거하여 분석
- 한편 본 연구에서는 2019년에 발표된 2017년도 산업연관표를 이용하여 폐사어 자원화 사업을 통해 발생할 수 있는 국민경제적 산업파급효과인 생산유발효과, 부가가치유발효과, 취업유발효과를 분석

○ 폐사어 자원화 사업의 정의

- 한국은행(2019)에서 발표한 2017년 산업연관표에는 폐사어 자원화 사업 부문이 포함되어 있지 않아서 본 연구에서는 기존 산업연관표에 포함되어 있는 산업들을 재분류하여 폐사어 자원화 사업 부문의 범위를 정의
- 본 연구에서는 278 기본부문 산업연관표 상에서 폐사어 자원화 사업과 직·간접적으로 관련이 있는 부문을 추출하여 폐사어 자원화 사업 부문을 구성

<표 3-17> 폐사어 자원화 사업 구성

중분류		소분류		기본부문	
코드	산업명	코드	산업명	코드	산업명
03	어업	30	수산어획업	300	수산어획업
		31	양식업 및 관련서비스	310	양식업 및 관련서비스

- 384 기본부문에서 폐사어 자원화 사업 부문을 별도로 분리해내고, 효과적인 분석을 위해 한국은행 30부문 대분류 방식에 근거하여 다음과 같이 산업연관표를 재구성

<표 3-18> 재분류 산업연관표

부문 코드	산업명	부문 코드	산업명	부문 코드	산업명
01	농림수산물	12	전기 및 전자기기	23	금융 및 보험서비스
02	광산물	13	정밀기기	24	부동산 및 임대
03	음식료품	14	운송장비	25	전문, 과학 및 기술서비스
04	섬유 및 가죽제품	15	기타 제조업 제품 및 임가공	26	사업지원서비스
05	목재 및 종이, 인쇄	16	전력, 가스 및 증기	27	공공행정 및 국방
06	석탄 및 석유제품	17	수도, 폐기물 및 재활용서비스	28	교육서비스
07	화학제품	18	건설	29	보건 및 사회복지서비스
08	비금속광물제품	19	도소매서비스	30	문화 및 기타서비스
09	1차 금속제품	20	운송서비스	31	폐사어 자원화 사업
10	금속제품	21	음식점 및 숙박서비스		
11	기계 및 장비	22	정보통신 및 방송서비스		

○ 산업간 연쇄효과 분석결과

- 모든 부문의 생산물에 대한 수요가 각각 한 단위씩 발생할 때, 중간재로 사용되는 폐사어 자원화 사업의 산출물 공급도 증가해야 하며, 이때 중간재 산업으로서 폐사어 자원화 사업이 받는 영향의 정도가 감응도 계수임
 - 감응도 계수로 파악할 수 있는 전방연쇄효과는 폐사어 자원화 사업의 산출물을 다른 산업생산의 원료로 파악하는 것인데, 일반적으로 한 산업의 제품이 각 산업부문에 중간재로 널리 사용되는 산업일수록 감응도 계수는 커짐
- 폐사어 자원화 사업의 영향력 계수는 폐사어 자원화 사업의 최종수요가 한 단위 발생할 때 중간재로 사용되는 타 산업부문에 미치는 영향력을 의미
 - 영향력 계수로 파악할 수 있는 후방연쇄효과는 폐사어 자원화 사업의 산출물을 최종재로 보고 다른 산업의 산출물을 폐사어 자원화 사업에서의 생산을 위한 원료로 파악
 - 일반적으로 생산과정에서 여러 산업으로부터 중간재를 필요로 하는 산업일수록 영향력 계수는 커짐
- 감응도 계수의 평균과 영향력 계수의 평균은 정확하게 1이므로 1보다 낮으면 평균보다 낮으며, 1보다 크면 평균보다 크다고 볼 수 있음
- 31개 부문에 대해 감응도 계수와 영향력 계수를 계산한 결과는 <표 2-7>에 제시되어 있음
- 각 산업별 감응도 계수는 화학제품 부문이 2.0587로 가장 크며, 1차 금속제품과 도소매서비스 부문이 각각 1.9658 및 1.8177로 각각 2위 및 3위를 차지하고, 폐사어 자원화 사업의 감응도 계수는 1.1532로 11위를 차지함
- 감응도 계수가 1보다 크다는 것은 일반적인 경기가 활황일 때 폐사어 자원화 사업이 전반적으로 산업성장에 자극받는 정도가 크다는 것을 의미하는데, 즉 폐사어 자원화 사업은 경기변동에 영향을 받는 산업이라는 것을 의미하며, 최종수요적 성격보다는 중간수요적 성격을 가짐
- 각 산업별 영향력 계수는 운송장비 부문이 1.1760으로 가장 높게 나타났으며, 1차 금속제품 및 금속제품 부문이 각각 1.1409 및 1.1203으로 2위 및 3위를 차지하고 있으며, 폐사어 자원화 사업의 영향력 계수는 1.0706으로 7위를 차지하고 있어 비교적 큼을 알 수 있음
 - 영향력 계수가 크다는 것은 폐사어 자원화 사업의 투자지출에 따른 경제적 파급효과, 즉 다른 산업을 견인하는 정도가 다른 부문보다 상대적으로 큼을 의미하며, 원시산업적(primary production) 성격보다는 제조업적 성격을 가짐

- 따라서 폐사어 자원화 사업은 전방연쇄효과와 후방연쇄효과가 모두 크기에 중간수요적 제조업형이라 할 수 있음9)

<표 3-19> 감응도 계수 및 영향력 계수

산업 번호	부문명	감응도 계수 (전방연쇄효과)		영향력 계수 (후방연쇄효과)	
		값	순위	값	순위
1	농림수산물	1.3367	4	0.8862	20
2	광산품	0.5413	30	1.1072	5
3	음식료품	1.2777	7	0.9770	14
4	섬유 및 가죽제품	0.8273	20	0.9021	18
5	목재 및 종이, 인쇄	0.9453	14	1.0214	10
6	석탄 및 석유제품	1.2797	6	0.6409	31
7	화학제품	2.0587	1	1.0243	9
8	비금속광물제품	0.7127	22	1.0387	8
9	1차 금속제품	1.9658	2	1.1409	2
10	금속제품	1.1079	12	1.1368	3
11	기계 및 장비	0.9273	15	1.1203	4
12	전기 및 전자기기	1.2190	8	0.9221	16
13	정밀기기	0.6070	26	1.0068	12
14	운송장비	0.8291	19	1.1760	1
15	기타 제조업 제품 및 임가공	1.0337	13	0.9886	13
16	전력, 가스 및 증기	1.3233	5	0.7075	27
17	수도, 폐기물 및 재활용서비스	0.6931	23	0.9296	15
18	건설	0.5627	27	1.0825	6
19	도소매서비스	1.8177	3	0.8798	21
20	운송서비스	1.2153	9	0.8091	24
21	음식점 및 숙박서비스	0.8455	18	1.0076	11
22	정보통신 및 방송 서비스	0.6183	25	0.8998	19
23	금융 및 보험 서비스	1.2016	10	0.8238	23
24	부동산 및 임대	0.8964	16	0.6904	29
25	전문, 과학 및 기술 서비스	0.8944	17	0.8088	25
26	사업지원서비스	0.8266	21	0.7493	26
27	공공행정 및 국방	0.5627	28	0.6909	28
28	교육서비스	0.4970	31	0.6869	30
29	보건 및 사회복지서비스	0.5502	29	0.8682	22
30	문화 및 기타 서비스	0.6729	24	0.9202	17
31	폐사어 자원화 사업	1.1532	11	1.0706	7

9) 전후방연쇄효과의 크기에 따라 산업을 크게 네 가지 유형으로 구분할 수 있다. 첫째, 전후방연쇄 효과가 모두 높은 산업은 중간수요적 제조업형, 둘째, 전방연쇄효과가 높고 후방연쇄효과가 낮은 산업은 중간수요적 원시산업형, 셋째, 후방연쇄효과가 높고 전방연쇄효과가 낮은 산업은 최종수요적 제조업형, 마지막으로 전후방연쇄효과가 모두 낮은 산업은 최종수요적 원시산업형으로 구분할 수 있다(한국은행, 1987).

7절. 연구개발 결과의 정성적 기대효과·파급효과

1. 기대효과

○ 기술적 기대효과

- 양식산 폐사어의 처리와 관련된 관련 산업들의 동반 성장
 - 친환경 폐사어 처리의 최적화와 다양한 가공기술의 도입은 양식과 관련된 해양수산 분야 뿐 만 아니라 환경과 천연물화학의 범주까지 다양한 분야의 발전이 예상됨
 - 향상된 처리 가공기술은 향후 더욱 완성된 국내 산업화 모델에도 공통적으로 적용되기 때문에 지속 가능한 개발로 판단됨
- 양식산 부산물과 관련된 바이오소재 산업과의 연계가 가능
 - 기술개발 1단계에서는 넙치 부산물의 원료활용을 위하여 재활용환경성 평가에 따른 재활용 승인 및 적용 분야 적합성을 연구하여 축산 등 산업에 바로 쓰일 수 있는 단백질 원료화를 추진하고, 기술개발 2단계에서는 해양 부산물을 이용한 바이오소재 산업으로 추진하여 부가가치가 높은 해양신산업으로 연구를 추진하여 추후 지속적으로 발생하고 대응할 수 있는 기술적 전략을 도출
 - 신규 기능성 소재 시장 창출을 통한 생산, 영업, 품질관리 등 다양한 분야에서 고용 증진효과가 기대됨
- 폐자원의 자원화 제도 원천기술 개발을 통한 국가 과학기술 경쟁력 확보
 - 저비용·고효율 친환경 시스템의 경제적 구조개선 및 친환경 기술도출

○ 사회적 기대효과

- 현재 인구 증가와 환경문제 등을 고려할 때 계속해서 증가하는 인류의 단백질 수요를 앞으로 많은 부분 수산업에서 충당해야 하며, 최근의 FTA의 경향 등을 고려할 때 소비자의 안전한 먹거리 요구에 부응할 수 있는 전략 마련이 기대됨
- 수십년간 넙치 등 단일어종에 의한 양식산업은 근친교배에 의한 열성화, 밀식, 기후변화로 인한 수온상승 등 각종 질병발생 원인에 의해 폐사율이 증가하고 있어 시장 친화적인 기술 및 법제도 개선이 될 수 있으며, 과감한 진단과 혁신을 통해 지속가능한 전략으로 발전할 수 있음

- 현재 시장에서 겪고 있는 문제점들을 개선하고 기존 폐사어의 신속한 처리를 위한 정책·기술적 개선 및 지원이 따른다면 정부의 혁신 모델로 개선 성과를 기대할 수 있고, 양식산 폐사어의 자원화 기준 마련으로 대국민 신뢰도가 제고되는 효과를 기대함



2. 파급효과

○ 기술적 파급효과

- 양식부산물을 활용함으로써 미이용 자원의 효율적 활용을 위한 재순환응용기술 개발
- 양식부산물 재활용에 따른 관련 연구자료 확보 및 수산업의 지속가능 기술개발로 발전
- 양식부산물을 활용하여 국가 전략 양식종인 넙치양식이 당면한 국내외 현안 극복을 위한 신규 부가가치를 창출하며 수산양식업 활성화에 기여
- 양식넙치 뿐만 아니라 타어종의 양식부산물에 적용 가능한 기술개발
- 자연환경에 의한 대량폐사 어류의 효율적 자원 활용으로 응용기술 개발
- 수입에 의존하는 어분을 국산화하여 폐사어의 활용 및 배합사료 제조 관련 원천소재 및 기술 확보
- 양식부산물을 활용한 고부가가치 산업분야의 기술접목 기대
- 양식부산물 가공기술의 발전을 통한 환경관리 기술로 발전 가능
- 양식부산물 가공에 따른 추가 2차 부산물 처리 기술개발

- 양식부산물 자원화 기술개발을 통한 과학기술 경쟁력 확보
- 단백질 가수분해 효소를 저비용으로 생산할 수 있는 기반 마련
- 국가 10대 수출전략 양식품종인 새우 및 관상어의 부가가치를 증대하여 국가 수산양식업의 경쟁력 극대화에 기여
- 양식부산물 자원을 활용한 의료용 소재 확보 및 활용기술 보유
- 국제적 기술경쟁력 확보를 위한 핵심기술 축적

○ 사회적 파급효과

- 양식부산물이 단순 폐기물이 아닌 고부가가치 제품 활용 가능에 대한 국민인식 제고
- 생사료를 배합사료로 대체하는 정책을 진행 중이며, 양식어류 기반 어분의 활용 방안 발굴을 통하여 원천전략소재의 국산화 및 해양환경 보존 등의 현안을 해결
- 미이용 자원의 효율적인 활용에 따른 환경오염 요인 감소
- 양식부산물 처리 기술개발을 통하여 기존처리과정 중 발생하던 환경오염, 악취 주변경관 저해 등과 같은 문제점 해결로 지역갈등 개선
- 수산양식업 전환을 통하여 양식부산물 및 배합사료 활용에 대한 어민인식 및 청정 해양수산국가 이미지 제고
- 해양수산부가 수립한 해양수산생명자원 관리기본계획과 관련되어 원천자원 확보 및 활용가치가 높은 자원의 체계적 관리 및 개발을 통해 해양바이오 활성화 기반을 마련

○ 경제적 파급효과

- 양식부산물 원료 활용으로 미이용자원의 고부가가치화
- 수입원료 대체 효과 및 수출기반 산업으로 성장 가능
- 양식부산물 자원화를 통한 순환시스템 구축에 따른 경영비용 감소
- 국가 차원의 환경오염에 따르는 경제적 손실 절감
- 폐사율 감소 및 생산량 증가로 어가소득증대 및 제주해양산업의 경쟁력 강화
- 해양바이오 산업의 성장 동력 창출을 통한 소득 창출
- 타 어종 및 다양한 어류부산물의 활용에 따른 미이용 자원의 고부가가치화 실현
- 타동물단백질 보충 사료 대체 효과
- 단백질 함량이 높은 양식부산물을 활용한 펩톤 제조는 국내 배지산업의 역량을 강화하고 시장을 확대할 수 있으며 생산 단가 절감
- 양식부산물의 친환경적 신규 인프라 구축 및 안전한 수산물 생산을 통하여 국가 공중보건 향상에 이바지

제4장 연구개발 목표 달성도 및 대외기여도



제4장

연구개발 목표 달성도 및 대외기여도

1절. 연구개발 목표 달성도

1. 연구목표 대비 달성 내용

연차별 달성내용			연차별 계획대비 연구실적 달성율(B) (%)
연구목표	연구내용	달성실적	
1. 환경 분석 및 종합 시사점 도출	1-1. 폐사어 시장·기술 동향 및 전망 분석	- 정책동향 및 법·제도 분석 - 국내 가공시설 운영 실태 비 교조사 분석 - 시장 동향 및 전망 분석 - 기술(R&D)동향 및 전망 분석 - 기술가치 도출	100
	1-2. 공청회를 통한 국내 수요자의 Needs 분석	- 국내수요자의 Needs 분석 - 환경분석에 대한 종합 시사점 도출	
2. 연구개발 최종목표 및 최종 성과물 제시	2-1. 연구개발의 최종목표 설정	- 연구개발 최종목표 및 최종 성과물 제시	100
	2-2. 연구내용 및 연구범위 설정	- 연구개발 목표 달성을 위한 연구내용 및 연구 범위 설정	
3. 연구개발 추진계획 수립	3-1. 추진전략 및 기술개발 로드맵 설정	- 추진전략, 추진체계 수립 - 기술개발 로드맵 설정	100
4. 연구개발 타당성 분석(정책 및 기술적 타당성)	4-1. 정책적 타당성 분석	- 국정목표, 해양수산과학기술 및 법령 분석	100
	4-2. 기술적 타당성 분석	- 기존 연구사업과의 중복 및 연계성 분석 - 기술개발의 선행 특허 분석 - 기술개발의 성과활용 분석	
5. 연구개발 제안 요구서(RFP) 도출	5-1. 연구개발 제안 요구서(RFP)	- 연구개발 제안 요구서(RFP) 작성	100
계			100

2. 달성된 연구목표의 질적 완성도

- 환경 분석 및 종합 시사점 도출
 - 제도개선 연구배경, 재활용에 대한 현행 폐기물관리 법령 분석, 양식 등 어류부산물의 폐기물법령상 재활용가능여부 정리, 어류부산물 등의 재활용·순환자원화를 위한 제도개선방안, 어류부산물 등의 순환자원화 가능여부 검토 등을 통해 정책동향 및 **법·제도 분석에 대한 시사점을 도출** 할 수 있었음
 - 국내 가공시설 운영 실태 비교 조사 분석을 통해 현재의 현황을 파악할 수 있었음
 - 양식어류 부산물의 산업화를 위한 시장·기술(R&D)동향분석을 통해 **비식용 어분, 배합사료, 기능성 소재(기능성 지질, 단백질, 탄수화물, 화장품)**로서 활용이 가능함을 확인할 수 있었음
 - **국내수요자**의 공청회를 통해 제주 사료가공 공장의 상황과 산업화를 위한 안전성확보, 표준화문제, 축산 및 소재원료 등의 **Needs**를 파악할 수 있었음
 - 사업가치 및 기술가치 분석을 통해 기술수명주기상 발전 단계에 있는 기술이며, 평가 금액이 1,731백만 원으로 산출됨(기술의 이전 및 거래를 위한 단순 참고용)
 - 환경분석을 통해 종합 시사점을 도출 할 수 있었음
 - 양식부산물의 재활용환경성 평가에 따른 재활용승인
 - 기능성 사료 및 첨가제 활용
 - 고부가가치 의료소재(기기), 의약품, 화장품, 식품 소재 활용
 - 2차 양식 등 어류 부산물의 재활용 및 재순환 방안
 - 제도개선 방안
- 연구개발 최종목표 및 최종 성과물 제시
 - “양식어류 부산물(폐사어 등)을 활용한 고차 활용 자원화를 위한 재활용 융합소재 기술개발, 우수재활용 제품 승인 및 실용화”의 최종목표 설정
 - 최종 성과물 제시
 - 재활용 환경성 평가 승인
 - 법제도 개선 근거자료 도출
 - 안전성 평가 및 원료 규격화
 - 우수재활용 제품 승인(시제품 제작 및 성능 평가)
 - 기술이전
 - 국내외 특허 출원 및 등록

- 국내외 논문
- 인력양성
- 연구개발 목표 달성을 위한 연구 내용 설정
 - 우수재활용제품 신청 및 인증 및 법제도 개선 추진
 - 친환경 Up-cycling 기술개발
 - 고차 축산사료 개발
 - 기능성 어분(새우 및 관상어) 활용 기술 개발
 - 의공학 융합형 신소재 확보 및 활용 기술 개발
- 연구개발 추진계획 수립
 - 향후 과제 수립을 위한 추진 전략 및 추진 체계 도출
 - 연구개발 목표에 따른 기술개발 로드맵 설정
 - 소요 예산 및 연구기간 도출
- 연구개발 타당성 분석
 - 국가적 아젠다와의 연계성, 해양과기원 기관고유미션 및 연구성과계획서와의 연계성 분석을 통한 정책적 타당성 분석
 - 기존 연구사업과의 중복 및 연계성, 기술개발의 선행 특허 분석, 기술개발의 성과활용을 통한 기술적 타당성 분석
- 연구개발 제안요구서(RFP) 도출함

2절. 대외기여도

- (정책 분야) 제도 개선을 통한 해양수산 신산업 분야 창출 및 국내 경제 선순환의 핵심으로 견인
- (해양바이오 분야) 양식 부산물과 관련된 바이오 소재 산업과의 연계 가능, 양식어류 부산물의 처리와 관련된 관련 산업들의 동반 성장, 고차 활용 산업제품 기반 기술 개발로 1, 2, 3차 산업 공동 활성화
- (자원화 분야) 양식산 넙치의 유용성분 활용을 극대화 할 수 있는 기술로 우수성 입증, 미이용 자원의 효율적 활용을 위한 재순환응용기술 개발
- (경제 분야) 수입원료 대체 효과 및 수출기반 산업으로 성장 가능, 국가 차원의 환경오염에 따르는 경제적 손실 절감
- (사회 분야) 양식부산물이 단순 폐기물이 아닌 고부가가치 제품 활용 가능에 대한 국민인식 제고

제5장 연구개발의 활용계획



제5장

연구개발의 활용계획

1절. 연구결과의 활용성

1. 신규사업 요약서

○ 사업개요

- 사업내용 : 양식장 부산물(폐사어 등)을 활용한 고차 활용 자원화를 위한 대형연구사업 추진 재활용 융합소재 기술개발, 우수재활용제품 승인(3차년) 및 실용화(2차년)
- 총사업비(사업기간) : 140억원(3년+2년, '21~'25)

(단위 : 억원)

구 분	계	'20	'21	'22	'23	'24	'25	'25이후	비고
총 소요	140	-	28	28	28	28	28	-	

○ 반영 필요성

- 현 정부는 100대 국정 과제 중 하나로 깨끗한 바다, 풍요로운 어장을 만들기 위해 질 좋고 안전한 수산물 생산·공급체계 구축 및 미래선도과학기술 역량 강화 국가 관리체계 강화에 대한 목표를 설정
- 해양수산과학기술 육성 기본계획('18~'22)의 사회문제 해결을 위한 해양수산 과학기술 기반확보(과제 2-1. 국민생활 문제 해결을 위한 해양수산과학기술 혁신)를 전략으로 설정

○ 경제성 분석 결과

- 어분수입 대체 편익(768.2억 원)
- 순현재가치(158.9억 원), 편익-비용비율(B/C 1.6), 내부수익율(10.0%)

○ 경제적 파급효과 종합

- 생산유발(870억원), 부가가치유발(273억원), 취업유발(633.2명) 효과

- 주요 쟁점
 - 지속적으로 확대·발생되고 있는 국내 양식어가의 폐사어 처리 문제 해결과 정부예산 절감을 위해서는 양식부산물의 효율적인 재활용을 위한 핵심원천 기술개발 및 이를 활용한 법제도 개선 필요
- 기대효과
 - 제1차 해양수산과학기술육성 기본계획(2018~2022), 신산업 창출 견인
 - 제1차 수산업어촌 발전 기본계획(2016~2020, 5개년)의 양식산업 제도개선에 따른 혁신 및 첨단화 의지 피력
 - 폐기물관리법('16.07.19 시행)으로 구분된 재활용환경성평가 기준 활용
 - 자원순환기본법('18.01.01 시행), 폐기물 재활용으로 관련 산업 활성화
 - 폐기물 자원재순환에 따른 정부 피해보상 투자 예산의 대폭 절감
- 대응방안 및 향후계획
 - (대응방향) 우수재활용제품 승인을 위한 양식 부산물 수거, 전처리 및 재활용을 위한 융합소재 요소기술 개발 및 법제도 개선 추진으로 관련 체계 구축
 - 현재 국립수산과학원, 부경대학교 등에서 양식어류 질병 저감 기술개발 과제들을 수행하고 있으나, 자원화 과제는 없음
 - (향후 계획) 국가 R&D로 적극 추진
- 추진 근거
 - 법적근거 : 해양수산발전기본법 제28조의2

◆제28조2(해양수산분야 신산업 개발의 지원) 정부는 해양수산분야의 신성장동력 창출 및 관련산업의 육성을 위하여 필요한 시책을 마련하고, 이를 시행하여야 한다.

- '21년 사업내용
 - 우수재활용제품 신청을 위한 재활용환경성 평가 자료 확보
 - 양식 부산물의 성분 규명 및 안전성 자료 확보
 - 고차 축산사료 개발을 위한 발효어분 제조
 - 고효성 단백질 분해효소 생산 및 천연색소 생산 미생물 확보
 - 의공학 융합형 신소재 확보 및 대량추출 조건 확립

2. 연구개발 제안요구서(RFP)

○ 개요

내역사업				과제성격	응용, 개발		
과제명	양식어류 부산물(폐사어 등)을 활용한 고차 활용 산업화 기술개발		공모유형	지정공모			
지원기간 (당해/총)	'20.01 ~ '24.12 (60개월)/ '20.01 ~ '20.12(12개월)		정부출연금	과제당 총 140억원 이내 (과제당 당해연도 22억원 이내)			
주관 연구기관	정부출연연	기술료 징수	징수	혁신도약형	혁신과제	보안등급	일반

○ 최종 과제목표 및 내용

연구 목표	<p>양식어류 부산물의 우수재활용제품 인증을 통한 고차 활용 산업화 기술개발</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 양식 생산성 향상 기능성 첨가제 개발 ○ 고부가가치 축산사료 개발 ○ 기능성어분(새우 및 관상어) 활용기술 개발 ○ 의공학 융합형 신소재 확보 및 활용 기술 개발 ○ 양식어류 부산물의 2차 재순환 기술개발 ○ 양식어류 부산물의 우수재활용제품 사용을 위한 법제도 개선 검토
연구 내용	<ul style="list-style-type: none"> ○ 양식어류 부산물을 이용한 고부가가치 양식 산업소재 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 양식부산물의 이화학적 특성 및 주요성분 분석 - 양식부산물의 기능성 확인 및 경제성 검토 - 양식 산업에서 활용될 수 있는 내분비 제어 첨가제 개발 - 경제성 검토 및 산업적 공정개발 - 기술이전 ○ 양식어류 부산물을 활용한 고부가가치 축산사료 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 양식부산물로부터 발효어분 제조 - 양식부산물 유래 발효어분의 저분자화에 의한 고부가가치 사료 제조 - 양식부산물 유래 발효어분의 축산사료 효능 연구 - 양식부산물 유래 저분자발효어분의 영양적 기능적 축산사료 첨가제 효능 연구 ○ 양식어류 부산물의 새우 및 관상어 배합사료용 어분소재 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 양식부산물 유래 어분의 위험도 분석 및 표준화 - 기능성 향상을 위한 고부가가치 천연색소 생산 해양미생물 선발 및 자원화 - 새우 및 관상어종에 현장적용을 통한 사료 효율 및 기능성 평가 - 시제품 최적화 및 기술이전

	<ul style="list-style-type: none"> ○ 양식어류 부산물 유래 생체적합성 확보 및 활용 기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 양식부산물 유래의 생체적합성 소재 확보 - 2D, 3D type별 약물전달용 의료기기 및 물리·화학적 특성 분석을 통한 조직 재생용 의료기기 개발 - 조직재생용 의료기기 <i>in vitro/in vivo</i> 효능 검토 - 의료기기 시제품 제작 및 생물학적 안전성 자료 확보 - 경제성 검토 및 기술이전 ○ 양식어류 부산물의 2차 재순환 기술개발 <ul style="list-style-type: none"> - 기능성 성분 추출 및 기능성 확인을 통한 활용가능분야 도출 - 부산물 활용 천연칼슘, 인 등의 유기질 자원 재생산 기술 개발 - 경제성 검토 및 산업적 공정개발 ○ 양식어류 부산물 활용을 위한 법제도 개선 검토 <ul style="list-style-type: none"> - 정책동향분석 - 재활용환경성 평가자료(재활용 인증서) 승인 - 법제도 개선 또는 독립법안 추진 																																
<p style="text-align: center;">성 과 지 표</p>	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 33%;">성과지표</th> <th style="width: 33%;">목표치</th> <th style="width: 33%;">비고 (설정근거, 평가기준 등)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>재활용환경성평가 승인</td> <td>1건 이상</td> <td>재활용 승인서</td> </tr> <tr> <td>법제도 개선 근거자료 도출</td> <td>1건 이상</td> <td>법제도 개선 제안서</td> </tr> <tr> <td>안전성 평가</td> <td>4건 이상</td> <td>안전성 평가서</td> </tr> <tr> <td>원료 규격화</td> <td>2건 이상</td> <td>원료 규격서(미생물, 중금속함량, 지표성분/효능 성분)</td> </tr> <tr> <td>우수재활용 제품 승인</td> <td>3건 이상</td> <td>시제품 제작 및 성능평가</td> </tr> <tr> <td>기술이전</td> <td>4건 이상</td> <td>기술이전 완료 유무</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">특허 출원 및 등록</td> <td>15/10건 이상</td> <td>국내 특허출원 및 등록증</td> </tr> <tr> <td>4/2건 이상</td> <td>국외특허출원 및 등록증</td> </tr> <tr> <td>국제논문/국내논문</td> <td>30/5건 이상</td> <td>논문 게재 완료</td> </tr> <tr> <td>인력양성</td> <td>20명 이상</td> <td>학위별 인력양성 배출</td> </tr> </tbody> </table>	성과지표	목표치	비고 (설정근거, 평가기준 등)	재활용환경성평가 승인	1건 이상	재활용 승인서	법제도 개선 근거자료 도출	1건 이상	법제도 개선 제안서	안전성 평가	4건 이상	안전성 평가서	원료 규격화	2건 이상	원료 규격서(미생물, 중금속함량, 지표성분/효능 성분)	우수재활용 제품 승인	3건 이상	시제품 제작 및 성능평가	기술이전	4건 이상	기술이전 완료 유무	특허 출원 및 등록	15/10건 이상	국내 특허출원 및 등록증	4/2건 이상	국외특허출원 및 등록증	국제논문/국내논문	30/5건 이상	논문 게재 완료	인력양성	20명 이상	학위별 인력양성 배출
성과지표	목표치	비고 (설정근거, 평가기준 등)																															
재활용환경성평가 승인	1건 이상	재활용 승인서																															
법제도 개선 근거자료 도출	1건 이상	법제도 개선 제안서																															
안전성 평가	4건 이상	안전성 평가서																															
원료 규격화	2건 이상	원료 규격서(미생물, 중금속함량, 지표성분/효능 성분)																															
우수재활용 제품 승인	3건 이상	시제품 제작 및 성능평가																															
기술이전	4건 이상	기술이전 완료 유무																															
특허 출원 및 등록	15/10건 이상	국내 특허출원 및 등록증																															
	4/2건 이상	국외특허출원 및 등록증																															
국제논문/국내논문	30/5건 이상	논문 게재 완료																															
인력양성	20명 이상	학위별 인력양성 배출																															
<p style="text-align: center;">지 원 조 건</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ (연구내용) <ul style="list-style-type: none"> - 연구 내용관련 연구 경력자 (기존 유사/선행연구 제시) - 원료/소재 대량 확보 가능성 제시 ○ (제품수준) <ul style="list-style-type: none"> - 개발제품의 목표 : 축산사료 단백질 첨가제 (저분자펩타이드)로 분자량 10 KDa 이하 20% 이상, 활성산소소거능 80% 이상, 염증억제활성 70% 이상의 특성을 갖는 주로 어린축산동물 사료첨가제 - 양질 단백질 공급원인 일반어분 및 곤충사료 가격 (2000원/1kg 내외)과 가격 경쟁력 확보 ○ (기술보급) <ul style="list-style-type: none"> - 실증지역 및 관련기관, 어업인 등과 협업체계 구축 및 보급화 계획 제시 																																

3. 신규사업 체크리스트

항목	질문	답	답변근거 및 자료
1	사업목적이 명확하며 추진근거가 있는가?	예	<ul style="list-style-type: none"> ○ 양식부산물의 효율적인 처리를 위해 폐사어를 재활용한 핵심원천기술을 개발하는 사업으로 사업목적이 명확함 ○ 문재인 정부는 100대 국정 과제 중 하나로 깨끗한 바다, 풍요로운 어장을 만들기 위해 질 좋고 안전한 수산물 생산·공급체계 구축 및 미래선도과학기술 역량 강화 국가 관리체계 강화에 대한 목표를 설정
2	중앙정부가 해야 하는 일인가?	예	<ul style="list-style-type: none"> ○ 양식장 폐사어는 고수온, 수질, 밀식, 질병 및 환경문제 등에 의해 발생하며 생산량의 50% 폐사 등 많은 경제사회적인 문제를 유발하므로 양식부산물의 처리 및 활용을 위한 기술이 필요함. 양식부산물 재활용 기술은 매년 피해보상 등으로 지출되는 정부예산의 대폭 절감 및 재활용 근거 제시를 대응하기 위한 기술이며, 이는 중앙정부에서 추진하는 것이 타당함
3	다른 사업과 중복 또는 유사하게 사업이 설계되지 않았는가?	예	<ul style="list-style-type: none"> ○ 해양수산부에서 추진 중인 타 사업과의 유사성 없음
4	사업의 타당성을 객관적으로 검증하는 절차를 거쳤는가?		<ul style="list-style-type: none"> ○ 한국해양과학기술원에서 2019년도 수행한 ‘양식산 넙치 폐사어의 자원화 방안 기획연구’에서 현장 종사자, 수협 및 많은 전문가들과의 미팅과 토론을 통하여 해당 사업의 필요성을 재확인 한 바 있음
5	현재의 사업방식이 가장 효율적인가?	예	<ul style="list-style-type: none"> ○ 양식부산물 처리의 경우 대부분 소각에 의존하고 있었으나 최근 어분으로 가공하여 동남아에 한정하여 수출하고 있음. 그러나 국내 폐기물관리법에 따라 국내 어분사용이 불가한 문제와 국내 어분의 전량수입 구조를 타계하기 위해서는 부산물의 핵심활용기술개발과 법제도 개선을 통해 재활용 방안을 마련해야 친환경적이고 효율적인 구조임
6	현재 추진해야 할 시급성이 있는가?	예	<ul style="list-style-type: none"> ○ 국내 양식장 아류폐사가 40%이상으로 점차 심각해지고 있음 ○ 국내 어업량 감소 및 양식장의 고수온, 저수온기 시 대량폐사 등으로 인해 이를 위한 수거 처리 및 피해보상 등 막대한 정부 예산이 투입되고 있으나, 이의 처리를 위한 효율적이고 친환경적인 방법이 없음 ○ 따라서, 양식산 부산물의 효율적인 처리를 위한 폐사어 재활용 원천기술 개발이 시급함
7	사업여건은 성숙되어 있는가?	예	<ul style="list-style-type: none"> ○ 한국해양과학기술원에서는 ‘양식산 넙치 폐사어의 자원화 방안 기획(‘19년)’ 연구를 수행한 바 있으며, 다수의 관련 기술 개발 전문가를 보유하고 있어 사업 추진을 위한 여건이 준비되어 있음

2절. 연구결과의 기대효과

1. 기술적 기대효과

- 미이용 자원의 재순환응용기술 개발, 양식부산물 가공기술 개발, 2차 부산물 처리 기술개발로 단계별 소재화 기술 확보
- 부산물 재활용 원천기술 확보
- 양식업의 지속가능기술로 발전
- 소재산업 분야의 기술접목 기대

2. 경제적 기대효과

- 수입원료 대체효과
- 정부지출비용 및 경영비용 감소
- 수출기반 산업으로 성장 가능
- 양식부산물의 순환시스템 구축
- 선순환 성장 동력 창출
- 축산 및 양어사료 수입대체 효과

3. 사회적 기대효과

- 양식 폐기물 인식 전환 및 제고
- 환경문제 해결로 지역갈등 개선
- 저(고)수온기 대량 폐사 활용
- 환경 및 해양환경 변화에 따른 지역갈등 해소 및 재순환 전략의 기반 기술 마련

3절. 연구결과의 공공적 파급효과

1. 기술적 기대효과

- 미이용 자원의 효율적 활용을 위한 재순환응용기술 개발
- 자연환경에 의한 대량폐사 어류의 효율적 자원 활용으로 응용기술 개발
- 양식부산물 가공기술의 발전을 통한 환경관리 기술로 발전 가능
- 양식부산물 자원을 활용한 의료용 소재 확보 및 활용기술 보유
- 국제적 기술경쟁력 확보를 위한 핵심기술 축적

2. 경제적 파급효과

- 양식부산물 원료 활용으로 미이용자원의 고부가가치화
- 수입원료 대체 효과 및 수출기반 산업으로 성장 가능
- 양식부산물 자원화를 통한 순환시스템 구축에 따른 경영비용 감소
- 국가 차원의 환경오염에 따르는 경제적 손실 절감
- 폐사율 감소 및 생산량 증가로 어가소득증대 미 제주해양산업의 경쟁력 강화
- 해양바이오 산업의 성장 동력 창출을 통한 소득 창출
- 양식부산물의 친환경적 신규 인프라 구축 및 안전한 수산물 생산을 통하여 국가 공중보건 향상에 이바지

3. 사회적 파급효과

- 양식부산물이 단순 폐기물이 아닌 고부가가치 제품 활용 가능에 대한 국민인식 제고
- 생사료를 배합사료로 대체하는 정책을 진행 중이며, 양식어류 기반 어분의 활용방안 발굴을 통하여 원천전략소재의 국산화 및 해양환경 보존 등의 현안을 해결
- 해양수산부가 수립한 해양수산생명자원 관리기본계획과 관련되어 원천자원 확보 및 활용가치가 높은 자원의 체계적 관리 및 개발을 통해 해양바이오 활성화 기반을 마련

