

『선박평형수 통합관리기술 개발』

기획연구

- 총괄보고서 -



2013. 01

연구수행기관: **KIOST**
한국해양과학기술원

 **국토해양부**
Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs

 **KIMST**
한국해양과학기술진흥원

선박평형수 통합관리기술 개발 기획연구
-보고서 목차-

1. 개요

- 1.1 선박평형수 통합관리기술 개발의 필요성
- 1.2 기획연구의 목표 및 내용
 - 가. 기획 연구의 필요성
 - 나. 기획 연구의 목표
 - 다. 기획 연구의 내용 및 범위
- 1.3 추진방법
 - 가. 추진 전략 및 체계
 - 나. 추진 방법

2. 환경 및 동향 분석

- 2.1 환경 분석
 - 가. 국가 목표와 기획연구의 관계
 - 나. 산업적 측면과 기획연구의 관계
- 2.2 미래시장 예측
- 2.3 정책 동향 분석
- 2.4 기술기능전개 및 기술트리
 - 가. 세부기술 분석
 - 나. 기술 트리(Technology Tree)
- 2.5 핵심 기술/연구군 도출
- 2.6 기술 동향 분석
 - 가. 국내 기술 동향
 - 나. 해외 기술 동향
- 2.7 현 기술의 취약성 및 전망
- 2.8 미래시장 대응 역량 분석
 - 가. 기술완성도
 - 나. SWOT 분석

3. 연구개발 목표 수립

- 3.1 최종 목표 수립
- 3.2 핵심 기술군 별 연구목표 수립

4. 핵심 연구개발 내용

- 4-1 선박평형수 모니터링 및 영향예측
 - 4.1.1 선박평형수 탱크 환경기인 생물영향 연구 (가입, 모니터링)

4.1.2 수용지역의 영향평가 (수용, 영향)

4.1.3 선박평형수 배출 영향예측 및 배출관리 연구 (예측, 관리)

4.2 선박평형수 감시 장치 개발

4.2.1. 선박평형수/항만의 미생물 및 미세조류상 검출 칩 개발

4.2.2. 선박평형수/항만의 규제 대상 미생물 및 미세조류 검출 현장검사 (Point of Care Test) 키트 개발

4.2.3. 휴대용 선박평형수 자동 시료 채취 장치 개발

5. 추진 전략 및 체계

5.1 연구개발 로드맵

5.2 연구개발 추진체계

5.3 소요 예산

6. 경제적 효과 및 사업화 방안

6.1 선박평형수 통합관리 R&D 사업에 대한 경제성 분석

6.2 기술개발 효과

가. 경제적 효과

나. 기술적 효과

다. 활용계획

6.3 사업화 방안

1 개요

1.1 선박평형수 통합관리기술 개발의 필요성

- IMO(국제해사기구) 선박평형수 관리협약 발효 예상(2014년)
 - 2004년 선박평형수 관리협약 채택
 - 2012년 10월 현재 36개국, 세계선복량의 29% 비준 (30개국, 35% 비준 필요)
 - 모든 국제무역 선박은 평형수처리설비 장착 및 입배출 기준 준수
 - 우리나라는 2009년 12월 10일 IMO 협약 비준
 - 전 세계 모든 항만에서 IMO 선박평형수 관리협약 지침서 집행 예정

- 우리나라 법제화 완료, 협약 발효와 동시에 집행 예정
 - 2007년 12월 21일 "선박평형수 관리법" 제정
 - 2011년 2월 9일 동 시행령은 제정
 - 현재 동 시행규칙 제정 진행 중
 - 2011년 외국 입항 선박 4만5천척에서 2234만톤 배출

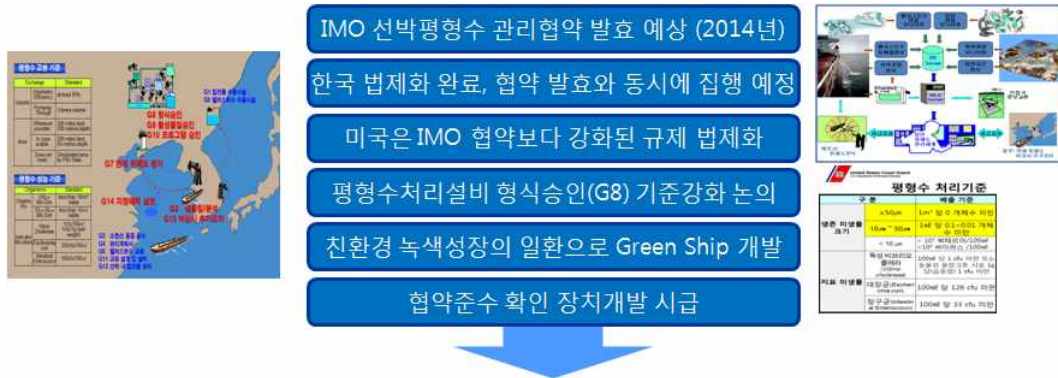
- 미국은 IMO 협약보다 강화된 규제 법제화
 - USCG(미국연안경비대)는 선박평형수 배출보고서 제출 의무화
 - EPA(환경보호국)은 선박평형수 배출 승인 의무화
 - USCG(연안경비대)는 2013년 말부터 강화된 규제 예정
 - IMO 규제대상 제외 생물 포함 (크기 10 μ m 보다 작은 생물)
 - 미국 별도의 처리설비 형식승인 필요 (USCG Final Rule 발표)
 - 향후 평형수처리기술이 가능할 경우 성능 기준 1,000배 강화 예정

- 평형수처리설비 형식승인(G8) 기준강화 논의
 - IMO 64차 해양환경보호위원회(MEPC)에서 의제로 발표
 - 유럽 North Sea Ballast Water Opportunity Project의 주제로 다룸

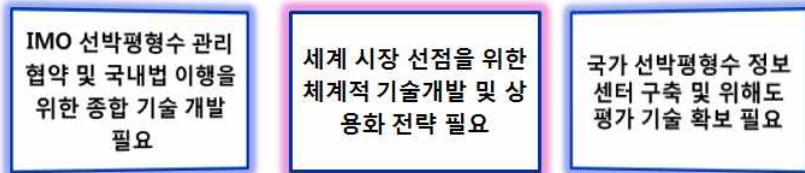
- 친환경 녹색성장의 일환으로 Green Ship 개발
 - 친환경 평형수처리설비 개발 요구
 - 배출수의 부산물 농도 제어 및 중화제 생태독성 검토

- 협약준수 모니터링 장치개발 시급

- 각국 항만통제국(PSC)은 평형수처리설비가 협약기준을 준수하고 있는 지 확인 필요
- 탑재된 선박평형수처리장치의 성능 만족 여부를 확인할 수 있는 신뢰성 높은 모니터링 장비 부족
- 미국과 유럽에서 다양한 기술(센서) 적용 검토 중
- 항만국통제관의 간편 검사를 수행할 검사장비 필요성 강조
- 국내 모니터링 기술 부재, 국산화 필요



『선박평형수 통합관리기술 개발 필요』

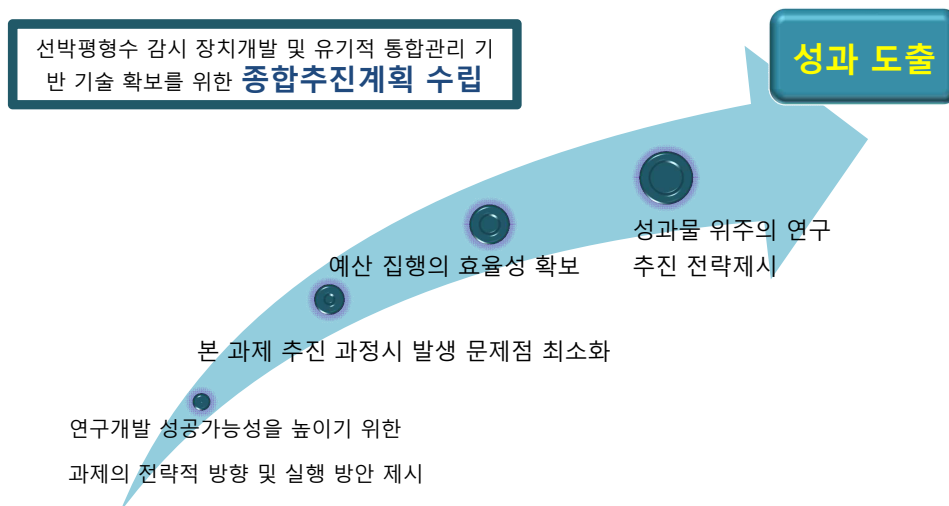


[선박평형수 통합관리기술개발의 필요성]

1.2 기획연구의 목표 및 내용

가. 기획 연구의 필요성

- 본격적인 과제의 추진에 앞서 대규모 예산 투입에 따른 예산 효율성과 연구개발 성공가능성을 높이기 위해서 과제의 전략적 방향 및 실행 방안을 제시할 기획연구는 필수적임
- 본 과제 추진과정 발생 문제점 최소화
 - 정부의 추진전략 취지와 다르게 연구가 변질되는 문제점 예방
 - 기존 수행사업의 성과분석을 통해 시행오차 최소화
 - 연구조직 운영의 기본방향 제시
- 예산 집행의 효율성 확보
 - 본격적인 연구단 과제의 추진에 앞서 대규모 예산 투입에 따른 예산집행의 효율성과 연구개발 성공 가능성을 높임
 - 현장에 직접적으로 활용 가능한 실용적인 연구 결과물을 확보하기 위한 구체적인 연구 방향 수립과 실현 가능한 성과 목표물 설정
- 국민, 정부, 기술자가 공감하는 성과를 얻기 위한 최선의 방법
 - 백화점식 연구의 부정적인 이미지를 불식시킬 수 있는 성과물 위주의 연구추진 전략 제시 및 수요자 중심의 기술개발 추진
 - 고부가가치의 검사기술 확보, R&D 성과관리 및 지속가능한 성장기반 기틀 마련



[기획연구의 필요성]

[선박평형수 모니터링 및 영향 예측]

- 선박평형수 처리장치의 장착 및 처리 의무에 의해 외래생물로부터 무방비 노출되었던 항만 환경관리의 패러다임이 새롭게 바뀌어 관리에 필요한 항목 및 체계의 전반적인 전환이 요구됨.
- 기존 항만 환경관리는 외래생물이 여과없이 배출되어 정착된다는 가정하에 외래종의 유입, 정착, 확산 및 환경, 사회경제학적 영향을 고려하는 체계를 갖춤. 새로운 패러다임의 관리체계는 D-2 regulation을 만족하는 선박평형수 처리장치를 거친 배출수에는 세 그룹의 외래생물(병원성 미생물, 10-50 μ m, 50 μ m보다 크며, 6mm보다 작음)이 존재하지 않음. 다만 선박평형수 처리면제 선박에서 배출될 선박평형수는 아국환경에 위해하지 않으나 생물지리적으로 다르거나, 같아도 다른 연안환경 서식 생물들이 포함됨.
- 향후 아국 항만에 배출될 선박평형수 처리수에는 D-2 regulation에 해당하는 크기그룹 생물이 제외되고, 처리장치 적용기술에서 파생된 독성이 중화된 상태 및 지역해 인접 연안해역에서 유사성 높은 생물군집이 포함될 것임. 따라서 이들 조건에 장기간 노출될 아국 주요항만 특성에 맞는 항만관리 방안을 마련하기 위한 장기간 모니터링, 영향예측 및 관리 방안수립이 요구됨.
 - 항만 환경/생물 조건은 자연적인 물리, 화학적 특성과 선박선종에 따른 선박평형수 배출수 특성에 좌우됨. 기존 항만 환경관리의 패러다임은 외래생물의 유입에 무방비로 노출되어 있어 G7 guideline을 근거로 한 위해성 평가의 요소인 현존가능한 외래종 목록파악, 고유서식종 판별, 종 들 간의 상호관계, 생물의 성장 및 분포에 영향을 주는 환경요인을 획득하는데 주안점을 둬.
 - 새로이 요구되는 항만 환경/생물조건 조사 패러다임은 선박평형수 처리장치의 선도적 개발 및 탑재실적을 보이는 우리나라 산업계의 약진에 힘입어 처리 배출수 내에는 외래생물이 제거되고, 활성물질이 중화된 형태가 됨. 이때 과거환경에서 획득된 생물/환경조건과 새로운 패러다임에서 조사된 생물/환경조건의 비교가 기본을 이루게 됨.
 - 강력한 처리기술로 처리된 뒤에도 생존가능한 생물이 보고되고, 중화가 되었다 해도 부산물의 지속적인 배출로 인한 항만 환경/생물 생태계가 겪을 수 있는 누적효과에 대한 장기간 영향평가가 요구됨.
 - 항만 기초조사 항목을 근간으로 처리면제 선박에 필요한 위해도 평가항목 취득과 다양한 처리기술을 거친 배출수의 잠재적 장기간 누적효과를 주요 항만환경에서 수행하여 현재의 명확한 현황을 파악해야함.
 - 선박평형수 처리장치 장착 및 운용의무화 이후에 배출되는 처리수의 배출기준적합도가 일정한 수준을 유지하고 있는지 확인하는 방법은 처리수의 직접조사와 수용항에서의 거동 및 생태계 구성성분의 상호관계를 파악하는 생태학적 위해도 평가방법이 있음.
 - 항만환경이라는 거대생태계(megacosm)에서의 반응속도는 상대적으로 느리고, 제한된 채집횟수로 그 변화를 감지하는데 한계가 있어 이를 극복하기 위한 생태

계 모사 실험방법이 요구됨.

- 선박평형수 처리 이후에도 살아남을 수 있는 생물들 (resting spore, settled eggs, etc.)과 중화된 이후 존재가능한 부산물의 누적효과에 대한 항만환경의 내성을 실험적으로 접근하여 그 영향을 평가해야할 필요있음.
- 존재가능한 생물 및 환경의 폐해 누적효과가 의미있는 영향으로 평가하기 위해서는 항만환경조건을 모사(simulation)할 수 있는 실험조건이 요구되며, 중형폐쇄 생태계가 최상의 실험 인프라임.

[선박평형수 감시 장치개발]

- 선박평형수 처리설비의 효율 검정, 선박평형수 내의 규제 생물 유무 판정 및 주요 항만의 미생물과 미세조류 관리에 객관적이고 신속한 새로운 기법의 개발, 그리고 이를 활용한 장치 및 키트의 개발이 요구됨
- 특히 바이러스의 경우에는 국제적인 규제 규정이 없는 바, 다양한 의료복지 및 사회적 문제를 야기할 가능성이 있는 이들 군에 대한 사전조사가 필요할 것으로 생각됨
 - 정확한 통계는 없으나, 대략 10^{30} 여종의 바이러스가 해양에 존재할 것으로 추정되고 있음. 특히, 해양에 존재하는 생물량들 중 90% 이상은 영양-에너지 순환의 원동력이 되는 미생물들인데, 그 중의 20%가 매일 바이러스에 의해 사멸됨
 - 해양교통수단을 통한 타 지역의 해수 유입 및 이에 따른 새로운 바이러스 종의 도입은 토종 어류에서 새로운 질병의 창궐 및 연안 생태계 파괴를 야기할 것으로 우려됨
 - 아직까지 해양운송수단의 선박 평형수 등을 통해 유입되는 해수에 있어서 유해 바이러스에 대한 검출 및 규제는 시행되지 않고 있으며, 이에 대한 시급한 조치가 필요하다고 판단됨

[해양 바이러스 및 파지의 종류 및 해당 숙주동물 및 미생물]

바이러스viruses	숙주hosts
viral haemorrhagic septicaemia virus (VHSV)	Paralichthys olivaceus(넙치)
lymphocystis disease virus (LDV)	
hirame rhabdovirus (HIRRV)	
cyanomyoviruses	Prochlorococcus spp.(원록조류)
Podovirus P-SSP7	
Hepatopancreatic parvovirus (HPV)	Penaeus monodon(홍다리얼룩새우)
white spot syndrome virus (WSSV)	
gill-associated virus (GAV)	
Taura Syndrome Virus (TSV)	penaeus vannamei(흰다리새우)
white spot syndrome virus (WSSV)	
Infectious hematopoietic necrosis virus (IHNV)	
Yellow-Head Virus (YHV)	
white spot syndrome virus (WSSV)	Fenneropenaeus chinensis(대하)
hypodermal and hematopoietic necrosis baculovirus (HHNBV)	
piscine reovirus (PRV)	Atlantic salmon(대서양연어)
Salmon Alphavirus (SAV)	
Atlantic salmon paramyxovirus (ASPV)	
piscine myocarditis virus (PMCV)	
infectious pancreatic necrosis virus (IPNV)	
Infectious salmon anemia virus (ISAV)	
salmon pancreas disease virus (SPDV)	
infectious pancreatic necrosis virus (IPNV)	
Epizootic Haematopoietic Necrosis Virus (EHNV)	Onchorhynchus mykiss(무지개송어)
viral haemorrhagic septicaemia virus (VHSV)	
alloherpesvirus	Gadus morhua(대서양대구)
Nodavirus	
Zalophus californianus-papillomavirus 1	Zalophus californianus(캘리포니아바다사자)
San Miguel sea lion virus (SMSV)	
Otarine Herpesvirus-1	Tursiops truncatus(큰돌고래)
parainfluenza virus family	
Papillomaviruses	Orcinus orca(범고래)
St. Louis Encephalitis (SLE) virus	
West Nile Virus	Scophthalmus maximus(넙치)
Viral hemorrhagic septicemia virus	
Nodavirus	Pollachius virens(은대구)
Infectious salmon anemia virus (ISAV)	
Nodavirus	Dicentrarchus labrax(유럽농어)
striped jack nervous necrosis virus (SJNNV)	
betanodavirus virus-like particles	Mytilus galloprovincialis(지중해담치)
Nodavirus	
adenovirus	Sparus aurata L.(지중해돔)
Nodavirus	
striped jack nervous necrosis virus (SJNNV)	Phoca sibirica(바이칼물범)
canine distemper virus(CDV)	
influenza virus A, B	Phoca vitulina(잔점박이물범)
phocine distemper virus(PDV)	
Phocine herpesvirus-1 (PhHV-1)	Crassostrea gigas(태평양굴)
sealpox virus	
ostreid herpesvirus-1	Oncorhynchus keta.(연어)
Norovirus	
infectious hematopoietic necrosis virus (IHNV)	Pagrus major(참돔)
Oncorhynchus masou virus (OMV)	
red sea bream iridovirus	Balaenoptera physalus(긴수염고래)
Nervous necrosis virus (NNV)	
dolphin morbillivirus(DMV)	Stenella coeruleoalba(줄박이돌고래)
porpoise morbillivirus(PMV)	
	Cystophora cristata(두건바다표범)

phocine distemper virus(PDV)	Enhydra lutris kenyoni(해달) Cystophora cristata(두건바다표범) Phoca groenlandica(하프물범)
influenza virus A, B	Phoca caspica(카스피해물범) Monachus schauinslandi(하와이몽크물범)
San Miguel sea lion virus (SMSV)	Callorhinus ursinus(북방물개)
white spot syndrome virus (WSSV)	Marsupenaeus japonicus(보리새우) Homarus gammarus(유럽바다가재) Procambarus clarkii(붉은가재)
Singapore grouper iridovirus (SGIV)	Singapore grouper(싱가폴농어)
Megalocytivirus	Gasterosteus aculeatus(큰가시고기)
Greasy grouper nervous necrosis viruses (GGNNV)	Epinephelus tauvina(농어)
Epizootic Haematopoietic Necrosis Virus (EHNV)	Perca fluviatilis(유럽농어)
Paramecium bursaria chlorella virus	Chlorella(클로렐라)
Rotavirus	Zalophus wolfebaeki(갈라파고스바다사자)
walrus calicivirus (WCV)	Odobenus rosmarus divergens Illiger(대서양바다코끼리)
gammaherpesvirus	Mirounga angustirostris(북방코끼리바다표범)
alphavirus	Mirounga leonina(남방코끼리물범)
seal anellovirus	Phoca vitulina(태평양물범)
Parapoxvirus	Phoca largha(점박이물범)
Trichechus manatus latirostris papillomavirus type 1 (TmPV-1)	Florida manatee(플로리다바다소)
mud crab reovirus (MCRV)	Scylla serrata(톱날꽃게)
fibropapilloma-associated herpesvirus	Chelonia mydas(바다거북)
Prasinovirus	Mamiellophyceae(녹조식물 마미엘라강)
dolphin rhabdovirus (DRV)	white-beaked dolphin(흰부리돌고래)
Virus-like particles associated with brown muscle disease	Manila clam(바지락)
adenovirus	Ostrea edulis(유럽굴)
Panulirus argus Virus 1 (PaVI)	Panulirus argus(닭새우)
yellowtail ascites virus (YAV)	Seriola quinqueradiata(방어)
marine fish iridovirus	Larimichthys crocea(부세)
Atlantic halibut nodavirus	Hippoglossus hippoglossus(대서양가자미)
Cafeteria roenbergensis virus (CroV)	flagellate(편모충)
Herpesvirus anguillae	Anguilla anguilla(뱀장어)
Regina ranavirus (RRV).	Epinephelus tauvina(바리)
Dragon grouper nervous necrosis virus (DGNNV)	Epinephelus lanceolatus(대왕바리)
infectious spleen and kidney necrosis virus-like (ISKNV-like) virus	Siniperca scherzeri(쏘가리)
type C retrovirus-like element	Pomacentrus partitus(자리돔)
infectious hematopoietic necrosis virus (IHNV)	Clupea pallasii(청어)
Chaetoceros salsugineum nuclear inclusion virus (CsNIV)	Chaetoceros(돌말속)
Phaeocystis pouchetii virus (PpV01)	Phaeocystis pouchetii (Hariat) Lagerheim(식물성플랑크톤)
Acartia tonsa copepod circo-like virus (AtCopCV)	Acartia tonsa (절지동물문 갑각강)
Labidocera aestiva copepod circo-like virus (LaCopCV)	Labidocera aestiva(플랑크톤)
cyanomyoviruses	Synechococcus spp.(남조류)
picorna-like virus: HaRNAV	Heterosigma akashiwo(침편모조류)
Acanthamoeba polyphaga mimivirus	Acanthamoeba(가시아메바)
Ectocarpus siliculosus Virus-1(EsV-1)	marine filamentous brown algae
Ectocarpus siliculosus virus	Ectocarpus siliculosus(참송털:갈조류)
coccolithoviruses (EhVs)	Emiliania huxleyi(원석조류)
MpV-SP1(Micromonas pusilla virus)	chlorella-like alga(클로렐라 유사조류)
W2 virus	Carcinus mediterraneus(지중해녹색게)
P virus	Macropipus(참꽃게)
Nervous necrosis virus (NNV)	Epinephelus coioides(갈색동근바리) Lates calcarifer(바라문디) sevenband grouper(능성어)

	Epinephelus chlorostigma(구실우럭) dwarf gourami(난쟁이구라미:열대어) African lampeye(램프아이:열대어)
starry flounder rhabdovirus (SFRV)	Platichthys stellatus(강도다리)
Nodavirus	Charybdis bimaculata(두점박이민꽃게) Pandalus hypsinotus(도화새우) Poicelia reticulata(구피)
Channel catfish Hemorrhage Reovirus	Ictalurus punctatus(미국메기)
viral haemorrhagic septicaemia virus (VHSV)	Lampetra fluviatilis(칠성장어) Reinhardtius hippoglossoides(검정가자미)
marine birnavirus	Pinctada fucata(진주조개) Plecoglossus altivelis(은어) Oncorhynchus rhodurus(Amago연어)
birnavirus (MABV): Tellina virus 1	Tellina tenuis(접시조개류)
chordate retrovirus-like element	Oikopleura dioica(피낭류)

파지 phages	숙주 hosts
cyanophage S-TIM5(myoviridae)	Synechococcus spp.(남조류)
Marine T4-type bacteriophages	
cyanophage P60	Synechococcus (strain WH7803)
bacteriophage PM2 (Corticoviridae)	Pseudoalteromonas spp.
øZCW1	
cyanophage	Prochlorococcus spp.(원록조류)
P-SSP7 cyanophage	Prochlorococcus MED4
bacteriophage P1	Crassostrea virginica(아메리카굴)
marine bacteriophage SIO-2	Vibrio species including bacterium Vibrio sp. SWAT3
øA318	Vibrio alginolyticus
marine bacteriophage VpV262	Vibrio parahaemolyticus(장염비브리오)
Vibrio phage pVP-1	Vibrio parahaemolyticus ATCC 33844
thermophilic lytic phage GVE2 (tailed Siphoviridae bacteriophage)	Geobacillus sp. E263(심해호열균)
phage varphiHSIC	Listonella pelagia
bacteriophages NCMB 384 and 385	Cytophaga sp. NCMB 397
bacteriophage 9A	Colwellia psychrerythraea strain 34H
Croceibacter bacteriophage P2559S	Croceibacter atlanticus HTCC2559(T)
P12024S and P12024L	Persicivirga sp. IMCC12024
bacteriophage P12026	Marinomonas sp. IMCC12026
Celeribacter bacteriophage P12053L	Celeribacter sp. strain IMCC12053
Vibrio vulnificus bacteriophage SSP002	Vibrio vulnificus
roseophage RDJL Phi1	Roseobacter denitrificans OCh114
Roseophage SIO1	Roseobacter SIO67
bacteriophage PhiJL001	α-proteobacteria isolated from Ircinia strobilina
bacteriophage VpV262	Vibrio parahaemolyticus

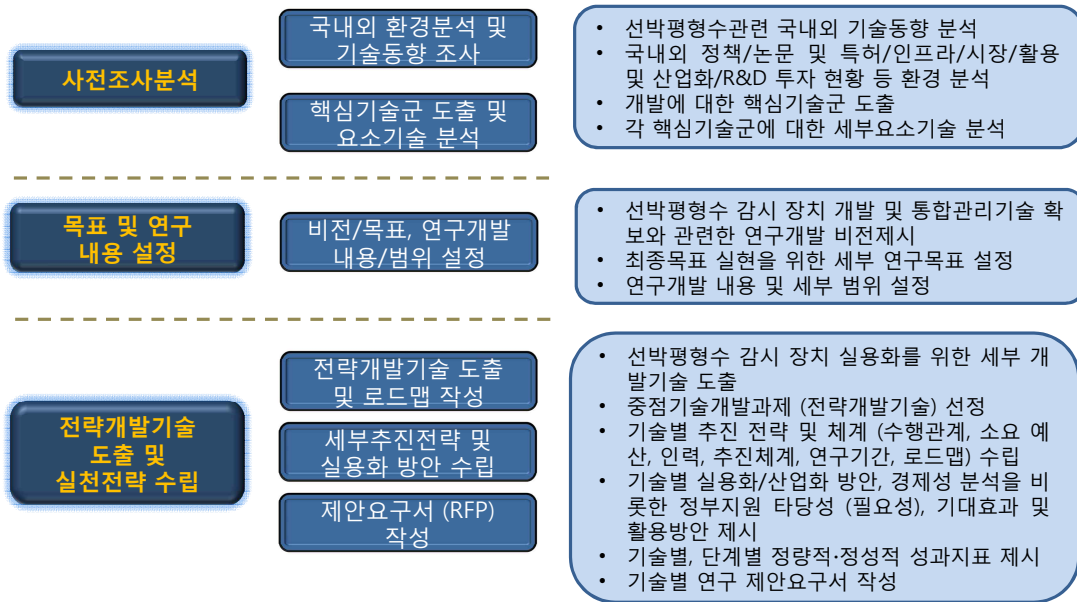
□ 나노테크놀로지 도입의 필요성

- 선박 평형수 시표에 포함된 박테리아나 바이러스의 마커에 관련한 신규 항체의 개발 및 표지법은 특허권 확보와 이로 인한 고부가 가치 창출 가능하며, 이는 국내 생명공학 및 환경학 수준의 국제 경쟁력 제고에 이바지 할 것으로 판단됨
- BT-NT-IT 융합의 나노 기술 추출 및 진단 시스템 개발은 환경 오염과 관련된 진단 기술로 매우 큰 세계시장을 형성하여 시장 성장을 대체할 경제적 가치가 있음
- BNT 기술시장은 2015년 1,800억 달러로 성장할 것으로 예측되며, 융합으로 인한 새로운 기술에 따른 고용에 미칠 효과가 클 것으로 예상됨
- NT와 BT, IT 분야의 융합된 형태로, 각 분야에서 필요로 하는 장점을 극대화 할 수 있는 기술로, 나노 기술과 검출은 환경오염 분야 및 선박 산업 분야에 활발하게 적용 가능할 것으로 예상됨
- 바이오 융합 센서 분야의 가장 중요한 기술적 핵심은 '빠른 진단'이므로, 바이오 분야, 반도체 분야, 그리고 급속히 발전하고 있는 IT 기술의 융합을 통해 빠르고 손쉬운 진단 센서 및 오염도 측정 시스템을 개발하여야 함
- 형광 및 자성 나노 진단 기술은 원하는 물질 (단백질, 세포, 펩타이드 등)의 존재 유무에 따라, 신호 변화가 발생하는 원리를 이용 하는 것으로, 진단 효율이 우수하고 매우 빠른 검출이 가능한 기술임
- 선박 평형수 시료 내부에 구성하고 있는 오염물질 들을 최신 기술을 활용하여, 추출/주입하는 장비를 개발 할 수 있어, 이는 해양 산업 관련 연구에 획기적인 기술을 제시 할 수 있으며, 이를 이용한 세계적 유행 질병 원인을 조기에 방지 할 수 있는 기술을 촉진 시킬 수 있음

나. 기획 연구의 목표

『글로벌 마켓을 주도할 수 있는 선박평형수 감시 장치개발 및 유기적 통합관리 기반 기술 확보』를 위한 **종합 추진 계획 수립**

다. 기획 연구의 내용 및 범위



[기획연구의 내용]

[기획연구 내용 및 범위]

연구개발의 세부 목표	연구개발의 내용	연구범위
▶국내외 환경 분석 및 기술 동향 조사	<ul style="list-style-type: none"> ◦국내외 기술동향 분석 ◦국내외 정책/기술/인프라/시장/R&D 투자현황 등 환경 분석 	<ul style="list-style-type: none"> ▪국내외 선박평형수 관련 기술개발 현황 및 전망 분석 ▪국내외 정책·시장현황 및 전망, 관련 인프라 등 현황 분석 ▪관련 R&D 투자 현황 및 연계성, 중복성, 차별성 분석
▶선박 평형수 관련 핵심기술군 도출 및 요소 기술 분석	<ul style="list-style-type: none"> ◦선박평형수 통합관리 기술 개발에 대한 핵심 기술군 도출 ◦선박평형수 통합관리 기술에 대한 요소기술 분석 	<ul style="list-style-type: none"> ▪국내외 환경 분석을 통한 선박평형수 통합관리 관련 핵심 기술군 도출 ▪핵심기술군에 따른 세부요소기술 분석 <ul style="list-style-type: none"> - 각 세부요소기술에 대한 현황 분석 - 기술개발 필요성 또는 해외 도입 가능성 분석 - 세부요소기술에 대한 개발 주체 분석
▶목표 설정 및 연구 내용과 범위 설정	<ul style="list-style-type: none"> ◦선박평형수 통합관리 관련 연구개발 비전 및 목표 설정 ◦연구개발 내용 및 범위 설정 	<ul style="list-style-type: none"> ▪국내외 개발환경을 고려한 SWOT 분석 ▪선박평형수 감시 장치개발 및 통합관리기술 확보와 관련한 연구개발 비전 제시 ▪비전 실현을 위한 세부 연구 목표 설정 ▪연구개발의 내용 및 범위 설정

<p>▶전략개발기술 도출 및 기술 로드맵 작성</p>	<p>◦선박평형수 감시 장치 개발 및 통합관리기술 실용화를 위한 세부기술 도출 ◦세부기술에 대한 우선순위 선정 및 전략개발상품 도출 ◦전략개발기술에 대한 개발 로드맵 작성</p>	<p>▪선박평형수 감시 장치개발 및 통합관리의 기반기술 확보를 위한 세부 개발기술 도출 ▪전략개발상품 도출 - 세부 개발기술에 대한 우선순위 선정기준 작성 - 세부기술에 대한 우선순위 선정 ▪전략개발기술을 바탕으로 개발로드맵 작성</p>
<p>▶세부추진전략 수립 및 실용화 방안 제시</p>	<p>◦전략개발기술에 대한 세부 연구추진전략 수립 ◦전략개발상품 별로 최종 성과물 및 성과지표 제시 ◦기술개발에 따른 실용화/산업화 방안 제시</p>	<p>▪다학제간 기술개발 연구 체계/전략 수립 ▪도출된 전략개발기술에 따른 연구개발사업 단계별 추진 전략 제시 - 연구개발 추진체계, 소요자원의 규모, 소요 인력, 연구기간 등 연구역량 확보 방안 - 최종 성과물 및 활용 방안, 성과지표 및 목표치 제시 - 실용화 및 산업화 방안</p>
<p>▶과제별 RFP 작성</p>	<p>◦전략개발상품에 대한 제안요구서(RFP) 작성</p>	<p>▪과제별 공모용 제안요구서 작성 ▪최종보고서 작성</p>

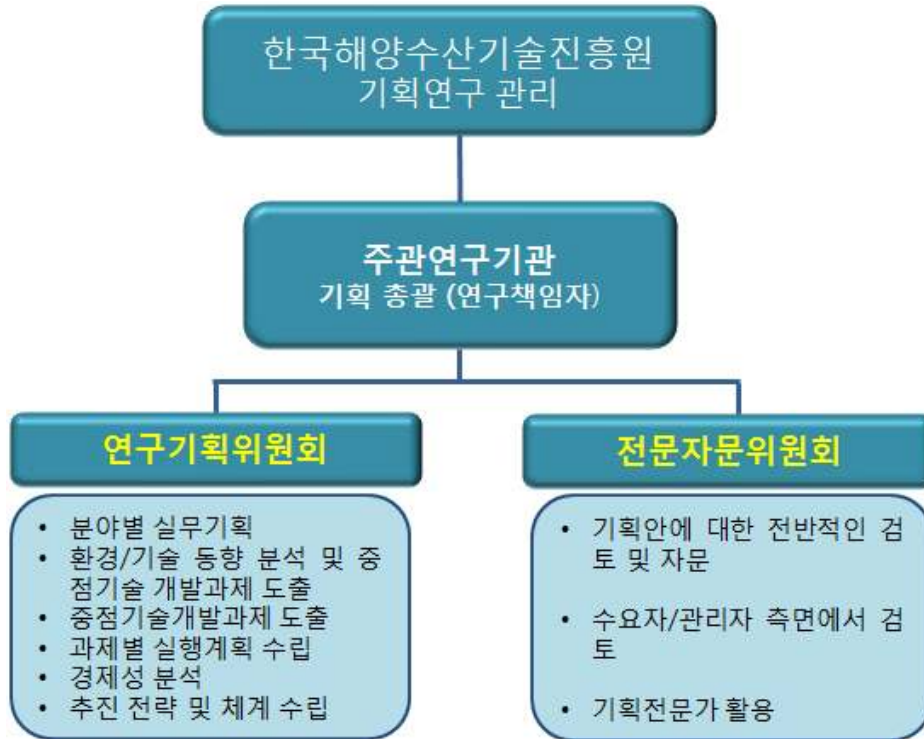
1.3 추진방법

가. 추진 전략 및 체계

□ 기본 추진 전략

- 글로벌 마켓에서 경쟁력을 가질 수 있는 선박평형수 감시 장치개발 및 통합관리 기반 기술이 개발되도록 기획연구의 개발 목표를 명확성과 구체성을 바탕으로 수립
- 실용화·산업화 가능 기술로서 연구개발 완료 후 국내뿐만 아니라 해외 시장 수요에 선도적으로 대응할 수 있는 중점기술 개발 분야를 선정함
- 산·학·연·관 관련전문가로 구성된 국내·외 인적자원을 최대한 활용하여, 개발기술의 산업화와 실용화를 적극 유도할 수 있는 방안 마련
- 기 수행 연구개발 과제 및 실용화 기술과 연계하여 기획연구를 추진함으로써 연구개발사업의 연속성이 확보되도록 함
- 수요자 입장의 시장성 분석을 통해 연구개발 필요성 및 실용화/산업화 방안 등에 대한 세부 검토 수행

□ 추진 체계



나. 추진 방법

□ 연구 방법론

- 연구추진의 과정은 연구목표에 따라 환경 분석 및 여건파악, 전략적 목표 설정, 대상기술 검토 및 핵심기술 과제 선정, 세부실행계획 작성 등 크게 4단계로 구분할 수 있음.
- 미래시장분석, 이슈분석, 정책동향 분석 등 다양한 환경 분석 결과로부터 주요 핵심기술군을 도출함.
- 도출된 핵심 기술군에 대하여 시장분석, 기술동향분석, 특허 및 논문동향 분석 등을 수행하여 전략개발상품 도출에 활용함
- 선박평형수와 관련한 미래 비전 및 각 핵심 기술군에 대한 세부 목표를 설정하고, 이를 바탕으로 전략개발기술 후보 및 우선순위를 책정함.
- 필요상품 및 핵심기술 도출, 시장 분석, 경제성 분석 기본자료 도출 등에 대해서는 각 분과별 기획위원들(전문가)의 의견을 수렴하여 결정하였음.
- 참여 전문가로부터 도출된 내용들은 연구기획위원회 조정과 정립을 거쳐, 자문회

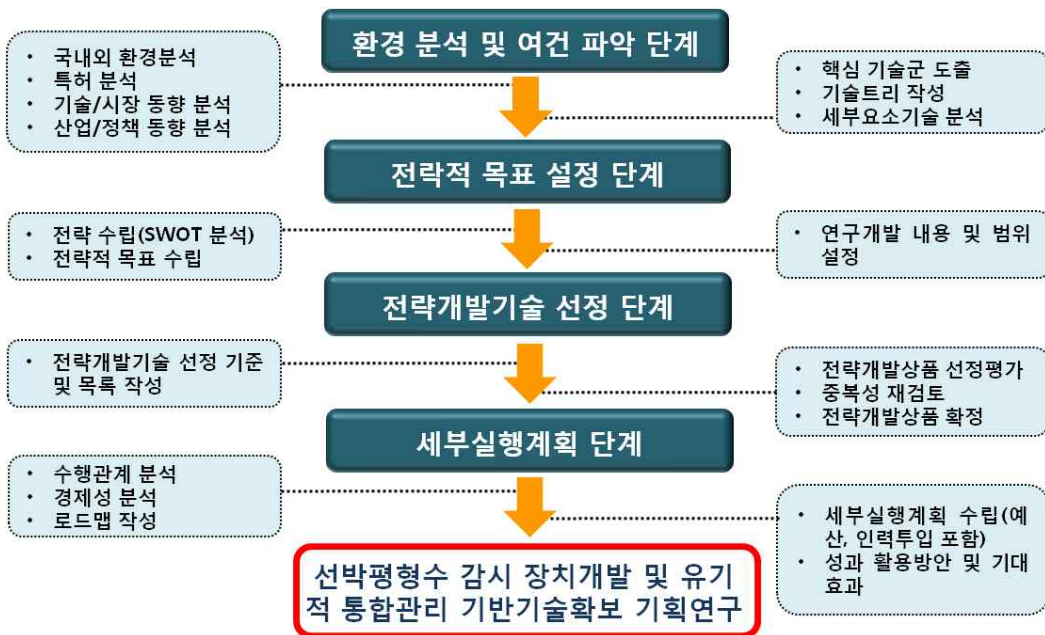
의에서 검토하고 최종 확정함

- 도출된 세부 기술에 대해서 비용 절감효과 분석 및 산업연관분석 등을 통해 기술 개발효과를 제시하였음.



[기본추진방법]

□ 단계별 추진 방법



[연구추진단계]

2 환경 및 동향 분석

2.1 환경 분석

가. 국가 목표와 기획연구의 관계

- 국제해사기구(International Maritime Organization, IMO)에서는 “선박평형수 및 침전물의 관리를 위한 국제협약”을 채택하였기에 이에 대하여 탱크 내 퇴적물속에 서식하는 생물종 중에서 중형저서생물에 관한 조사를 통하여 이들이 저서생태계에 미칠 수 있는 영향을 파악하는 것이 중요함
- 원충성 질병 진단 kit 개발로 인한 IMO에서 선박평형수 관리기술에 있어 선도적인 위치 선점
- 선박평형수관리법(법률 제9613호, 2009.4.1., 일부개정)상의 목적인 선박평형수 및 그 침전물로부터 해양생태계의 보존에 기여하기 위하여 해양에 서식하는 생물의 이용하여 환경생태영향을 모니터링 하고, 그 결과를 활용하여 해양환경 예측 및 효율적 관리기반을 마련
- 또한 선박평형수에 잔류하는 활성물질 또는 부산물(Disinfection Byproducts)로 인한 항만 또는 인접해역의 생태계 위해에 대해 효과적으로 대처하기 위해 장기간의 해양환경 생태 모니터링이 필수적으로 요구됨

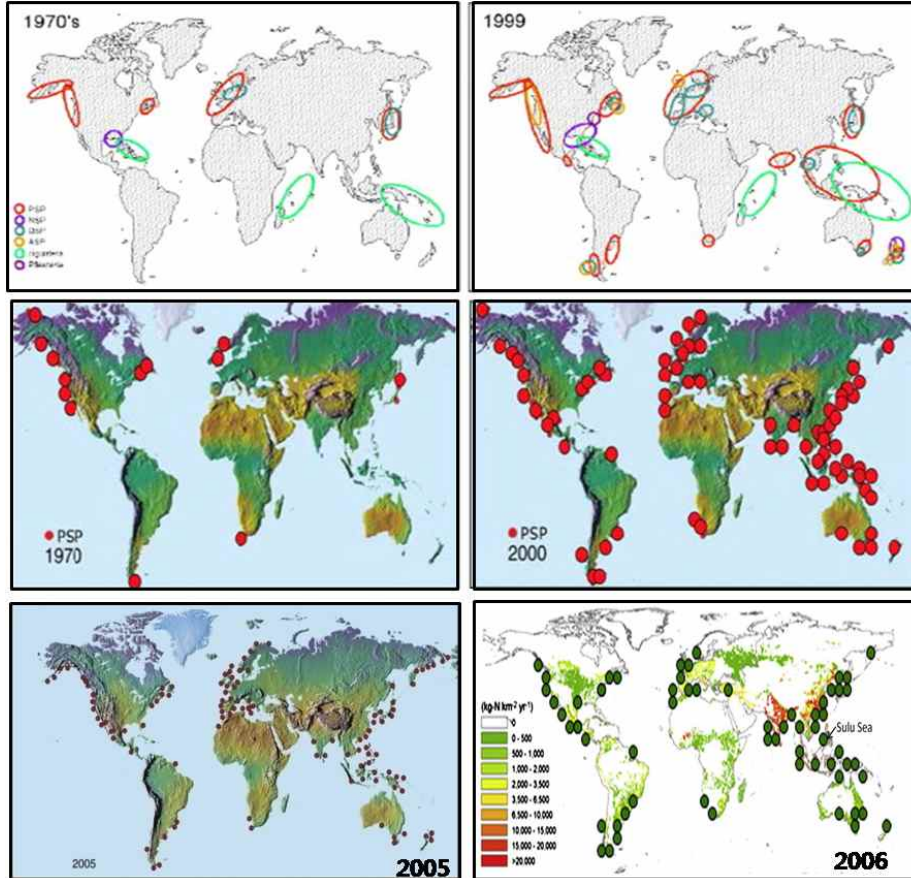
[국가과학기술표준분류체계와 부합성]

006 해양환경	00601. 해양오염방지기술 00602. 해양환경보전기술 00603. 해양생태계관리기술 00604. 해양위해성평가기술 00605. 기후변화대응기술 00699. 달리 분류되지 않는 해양환경
008 위해성 평가/ 관리	00801. 위해성 관리/요소기술 00802. 인체 위해성 평가기술 00803. 생태 위해성 평가기술 00899. 달리 분류되지 않는 위해성 평가/관리

나. 산업적 측면과 기획연구의 관계

- 유해유독생물 기인 마비성 패독(PSP: paralytic shellfish poison)의 피해는 1970년대는 미

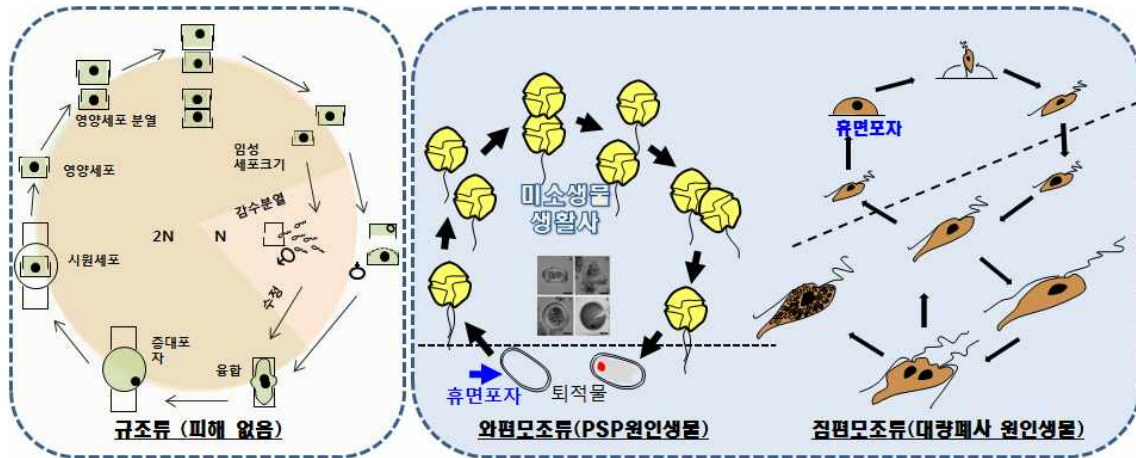
국서부해역과 유럽에 국한되었었으나, 2000년 이후 전 세계적으로 빠르게 확산되는 추이를 보이고 있으며, 이는 선박평형수의 이동으로 기인된 것으로 사료됨으로 이들 생물의 이동을 원천적으로 차단할 수 있는 처리설비 및 생사판별기법의 개발이 필요함



[마비성 패독(PSP:paralytic shellfish poison)피해사례]

- 미소생물의 생활사는 선박평형수내 잠재적 번식체 압력원(propagule pressure; resting spore, cyst, egg, etc.)으로 작용하는 씨앗중(seed population)의 역할을 규명하는데 중요하고, 이들 씨앗은 선박평형수내 극한 환경을 극복하고 항만에 배출되어 좋은 조건에서 다시 재성장할 수 있음. 그들 중 규조류에 의한 피해는 거의 없으나, 와편모조류나 침편모조류의 경우 심각한 수산피해를 일으킴(그림 2), 가령 선박평형수 처리장치가 의무화된 이후에도 이들 생물을 정량적으로 평가하는 것과 생존가능성을 평가할 수 있는 측도를 개발하는 것은 매우 중요함. 즉, 선박평형수와 퇴적물속에 내재된 잠재적 위험종을 정량적으로 조사하는 것과 더불어 재생산(reproduction) 능력을 파악하는 것은 상대방 해역에 미치는 영향을 과학적으로 검증할 수 있는 단서를 제공함

[미소생물의 생활사]



- 국제협약이후 세계 각국에서는 선박평형수 처리장치를 개발하여 IMO승인을 받고 있는 단계이며(2012년시점), 앞으로 항만 통제국은 입, 출항 선박의 선박평형수의 배출을 국제법(IMO)에 근거하여 감시해야 할 의무를 지니게 됨으로 선박평형수 검사를 단계별로 수행할 수 있는 프로토콜의 정립과 인프라 구축함으로 외래생물이 우리나라 고유해역에 침입을 원천적으로 차단 할 수 있도록 하여 건강한 항만생태계를 유지함
- 저서생태계 내에서 중형저서동물은 높은 서식밀도로 살아가며, 이로 인해 퇴적물 내 산소분포에 중대한 영향을 미치고 저서생태계 전체 에너지 소비의 46%를 차지하는 것으로 에너지 수지 측면에서의 중요한 역할을 하고 있고 있는 생물군임. 이들의 분포는 무척추동물과 어류의 군집조성에 영향을 미치기도 함으로 이들의 저서생태계 내 교란은 다른 생물 자원군으로까지 퍼져 나갈수 있음
- 원충성 질병 진단 kit의 대량 생산 산업화로 인한 상품의 내수 및 수출 증가 기대 그리고 국내 기업의 전세계적인 위상 강화
- 국제해사기구(IMO)의 선박평형수 처리장치의 승인에 있어서 처리수의 생태위해(ecological risk)의 발현 여부를 승인의 가장 중요한 요소로 판단하고 있으므로(Convention Guidelines G9) 처리장치의 환경안전성 입증을 위한 생태독성 모니터링 기술은 보다 용이한 승인의 획득에 기여할 수 있을 것임
- 항만 내 선박평형수 장기간 노출로 발생할 수 있는 위해성을 중형폐쇄생태계를 이용하여 보다 단기간에 고유생태계를 대상으로 주요생물군집 구성원간의 상관관계 이해로 영향 파악 및 적용가능한 생태계 위해성 평가기술을 개발 및 활용 가능.
- 항만 내 또는 인접해역에서 선박평형수의 처리, 교환, 주입, 배출로 인한 환경생태의 영향을 판단할 수 있는 해양환경생태 장기모니터링 기술의 개발은 다양한 선박의 통항 및 운항을 효과적으로 제어할 수 있을 것으로 기대
- 운항하는 선박의 선상(on-board)에서 용이하게 배출수의 환경영향을 예측할 수 있는 생태독성 모니터링 기술의 활용을 통해 선박의 통항을 제한할 수 있는 규정에 선제적으로 대응이 가능할 것으로 기대

- 처리배출수 배출지역의 생태계 안전성 검증과 영향예측을 위한 생태독성 모니터링은 국내 환경산업의 하나인 해양오염조절분야와 밀접한 관계가 있으며 장기적 모니터링 또는 조기예측기술의 개발은 오염사고를 사전에 예방하여 사후 해양오염을 조절하기위해 소요될 수 있는 비용을 최소화할 수 있을 것으로 사료됨
- 선박평형수 배출에 따른 물리적, 생물적, 화학적 영향 평가 모델을 개발하고 배출 해역 특성을 고려한 물질별 수용능력 평가 지표 마련을 통한 해양환경 변화 최소화 및 효과적인 대응 필요

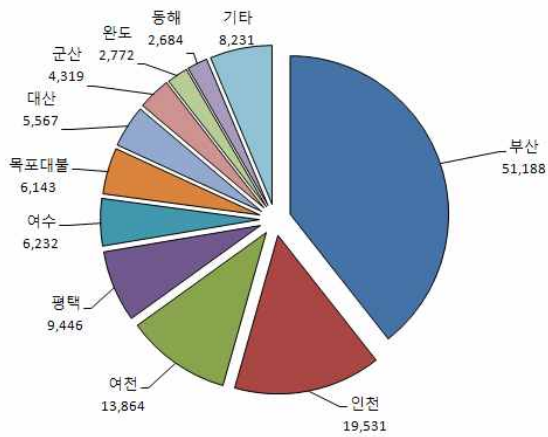
2.2 미래시장 예측

- 국제협약에 의한 선박평형수 처리장치를 개발이후 항만 통제국은 입, 출항 선박의 선박평형수의 규제를 강화함으로써 물류수송이 일시적으로 원활하지 못할 수 있으나, 선박평형수 검사를 단계별로 수행할 수 있는 프로토콜의 정립과 인프라 구축함으로써 국제기준(Global standard)에 맞게 대응할 수 있는 국가적 차원의 전략적 비전을 제시할 수 있을 뿐만 아니라 정립된 기준을 IMO의 안건으로 제시할 수 있어 국가적 위상 제고에 이바지함.
- 박테리아성 질병원 진단 개발 kit와 더불어 이번에 개발될 원충성 질병원 진단 개발 kit 역시 선박평형수 관리기술에 있어 산업적으로 중요한 자리를 차지할 수 있을 것으로 사료됨
- 또한, 다른 국가에 비해 원충성 질병원 진단 기술 개발 및 다양한 유해 질병원 진단 기술 개발 등에 우위를 선점할 수 있음
- 중형폐쇄생태계를 이용한 군집수준의 생태계 위해성 평가기술은 해양산업을 근간으로 새롭게 개발되는 처리제나 물질개발 시 처리효과와 적용성 시험시 활용될 수 있으며, 해양환경을 저해하지 않고 신뢰성 있는 결과를 도출할 수 있다는 장점이 있음. 또한 항만 내에서의 만성독성에 대한 반응을 생태계 구성성분 상호관계에서 단기간에 확인할 수 있는 그 기술은 향후 동일한 상황에 처해있는 기술도입이 필요한 국가항만에 기술과 시설을 동시에 수출할 수 있다는 장점을 가짐.
- 생태독성평가 기술에 기반을 둔 해양환경생태 모니터링 기술 개발은 기존의 이화학적 모니터링 기술보다는 생태계에 서식하는 생물을 통해 그 영향의 발현정도를 모니터링함으로써 현재 생태계의 상태를 정확히 반영할 수 있을 것으로 기대하며, 해양환경 관리 또는 선박의 통항이 잦은 항만 및 인접해역의 효율적인 관리에 기여할 수 있을 것으로 기대
- 분자생물학적 평가법을 활용한 조기독성평가기술개발은 독성물질의 독성평가를 위한 수단으로 기존 생태적 평가의 민감도를 높이기 위해 일부 선진국에서 도입을 시도하고 있는 기술이므로 해당 기술의 개발 및 적용은 독성평가분야에서 세계적으로 우위를 점할 수 있다는 장점이 있고 차후 개발된 기술은 독성평가분야에서 강력한 수단으로 자리매김할 것으로 기대됨

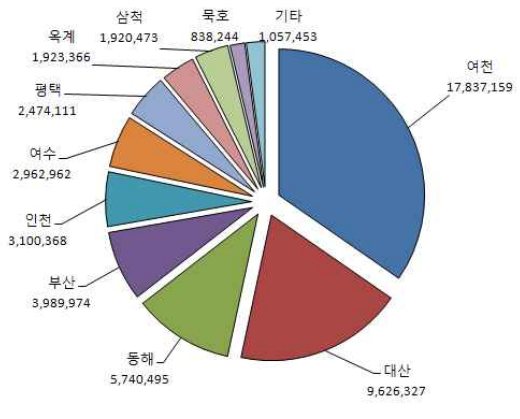
[독성평가방법에 따른 특성]

평가방법	생물검정법	생화학적평가법	분자생물학적 평가법
원리	시험생물을 유해물질에 노출시켜 생물의 사망, 성장, 산란 부화율 등을 변화를 이용한 독성 평가 방법 (Bioassay)	유해물질에 노출된 또는 노출하여 생물의 혈액 또는 조직의 생화학적 변화를 이용한 독성평가방법 (Biomarker)	유해물질에 노출된 또는 노출하여 생물의 세포나 분자 수준의 변화를 감지하여 조기에 독성을 평가하는 방법 (Molecular biomarker)
장점	전통적 독성시험방법 시험비용/시간 절감	미량의 유해물질 독성을 감지, 조기독성영향 감지, 단시간 독성진단	초미량의 유해물질검출 생물의 사망 이전에 독성 변화 감지, 생태계 수준의 광범위한 독성 영향 이전에 조기 진단이 가능함, 단시간 독성진단
단점	유해물질의 독성이 강한 경우에만 감지가 가능함	실험결과와의 일관성 결여, 고비용	고비용, 실험의 고난이도
연구현황	미환경보호국 (USEPA), EU 및 OECD를 중심으로 150여가지 시험방법개발 및 보급	미환경보호국 (USEPA), EU 및 OECD를 중심으로 10여가지 시험방법개발 및 보급	선진국 위주의 시험방법 개발중이나 현실적으로 이용가능한 방법 부재, 공정시험법 부재

- 2011년 약 130,000건 입항 선박으로 부터 총 5,100만톤의 선박평형수가 국내 항만에 배출된 것으로 추산되며, 산업 발전에 따른 선박 대형화와 물동량 증가로 인해 선박평형수 배출은 지속될 것으로 예상됨
- 선박평형수 관리법 발효시, 항만 당국은 선박평형수 모니터링을 통한 배출 통제 강화 및 엄격한 항만 환경 관리가 예상됨에 따라 효율적인 선박 운항 통제 및 항만 관리 필요
- 실시간 선박평형수 배출 모니터링 및 배출수 특성을 고려한 항만별 환경 변화 예측을 통한 항만 환경 보호 뿐만 아니라 해운산업의 활성화를 위한 항만 관리 운영 체제 구축 필요



[국내 항만별 입항선박 척수 (2011년도)]



[국내 항만별 추산된 선박평형수 배출량 (2011년도, 톤)]



[우리나라 항만에 유입되는 국가별 선박평형수 배출량 (2011년도 추산)]

2.3 정책 동향 분석

- 선박평형수를 통해 외래해양생물체가 다른 나라에 유입되어 해양생태계를 파괴함에 따라 이를 예방하기 위한 차원으로 국제해사기구에서는 “선박평형수 및 침전물의 관리를 위한 국제협약”을 채택하였음. 협약 이전과 이후의 세계 각국의 선박평형수 배출수 관리 현황을 아래 표에 나타냄

[각국의 선박평형수 배출수 관리현황]

국가	밸러스트 배출수 관리현황	
호주	1998년 8월 1일	IMO 총회 결의안과 일치하는 관리방안 도입
	1999년 5월 1일	관리실시 기록 및 보고를 의무화
	2001년 7월 1일	공해상 밸러스트 물 교환 자율규제(기록보유 의무화)
뉴질랜드	1992년 3월 16일	밸러스트 물 교환 자율규제(기록보유 의무화)
	1998년 4월 30일	IMO 총회 결의안에 따른 밸러스트 물 교환 의무화 (관리 계획, 기록, 보고도 포함)
미국	1993년 5월 10일	오대호 연안에 입항하는 선박에 대해 밸러스트 물 교환 및 승인 방안 강구, 보고 의무화
	1995년 1월 30일	위의 규제 허드슨 강에 입항하는 모든 선박에 대해 적용
	1999년 7월 1일	EEZ 외측에서 기항하고, 밸러스트 물을 가진 모든 선박에 대해 관리기록 보유 및 보고 의무화, 밸러스트 물 교환은 자율규제
	2000년 1월 1일	EEZ 외측에서 기항하고, 밸러스트 물을 가진 모든 선박에 대해 밸러스트 물 교환 의무화
	2000년 9월 22일	워싱턴 주 내에서 밸러스트 물을 교환하려는 모든 선박에 대해 200해리 외에서 교환하도록 의무화, 군함을 제외한 300톤 이상의 모든 선박에 대해 워싱턴 주로 입항하기 24시간 이전에 보고하도록 의무화
	2001년 12월 21일	EEZ 외측에서 미국수역 내로 입항하는 선박에 대해 밸러스트 물 관리통보 의무화
	2004년 8월 13일	밸러스트 물 관리 통보 및 실시기록을 하지 않은 선박에 대해 벌칙 추가
캐나다	1989년 5월 1일	오대호에 입항하는 선박에 대해 기록 보유 및 통보 의무화
	1998년 1월 1일	1,000톤 이상 배출하는 선박과 밴쿠버 빛 나나이오 프레이저 호에 입항하는 선박에 대해서 밸러스트 물 교환, 기록보유 의무화
	2000년 4월 1일	전 항구에 입항하는 어선에 대한 배출수 요건 강화
	2004년 9월 27일	밴쿠버에 입항하는 선박에 대해 200해리 외측에서 밸러스트 물 교환 의무화(1,000톤 이상 선박 조건 삭제)
우크라이나		오딧세이 항구에 입항하는 선박은 흑해에 들어오기 전에 배출수 교환 의무화
이스라엘	1994년 8월 15일	이스라엘 항구에 기항 예정인 선박에 대해 대륙붕 또는 외해에서 배출수 교환 및 기록보유 의무화, Eliat 기항선에 대해서는 홍해 외측에서 배출수 교환 의무, 지중해 기항선박에 대해서는 대서양에서 배출수 교환 의무화
칠레	1995년 8월 10일	외국으로부터 들어오는 모든 선박에 대해서 12해리 밖에서 배출수 교환 및 기록보유 의무화, 밸러스트 배출수 교환 증거가 미약한 경우 항구내에서 배출하기 24시간 이전에 화학약품용 첨가하여 배출하도록 의무화
에콰도르		외부로부터 들어오는 선박에 대해 배출수 교환 의무화, 특히 클레라 발생지역으로부터 들어오는 선박에 대해서는 배출수 교환 또는 약품으로 사전처리 하도록 의무화
브라질	2000년 4월 28일	브라질 항구에 기항하는 선박에 대해 출항지, 일시 및 도착시간, 배출수량 등을 보고하도록 의무화, 대부분의 항구에서 화학약품에 의한 배출수 처리 요구
아르헨티나	1990년1월부터	부에노스아이레스 항, 클레라 발생지역으로부터 기항하는 선박에 대해 배출수에 대한 염소 소독 의무화
파나마		파나마 운하 내에서 밸러스트 물 배출 금지
중국	1996년	질병이 발생한 지역으로부터 입항하는 선박에 대해 약제 살균 강화

- 최근 외래 해양생물종 (IMP: Introduced Marine Pest)의 이동에 의한 생태적, 경제적

피해가 늘어나고 있음. 이들 생물은 선박 평형수나 선체 부착물 및 양식 어류의 운송을 통하여 유입되고 있다고 판단됨. APEC(아시아 태평양 경제협력체)지역의 경제적 피해사례 및 IMP의 이동 사례를 아래 표에 제시함

[IMP 유입으로 인한 아시아 국가별 경제적 피해]

국가	피해현황
중국	1993년 흰반점 바이러스에 의한 새우질병 발생으로 생산량이 60% 감소, 이에 따라 4억 2천만 달러의 손실 발생
인도네시아	2003년도 KHV(Koi Herpes Virus) 발병으로 550만 달러의 경제적 피해 발생
일본	1994년 이후 바이러스성 감염에 의한 패조류 생산피해로 총 2억 5천만 달러의 손실 발생
말레이시아	흰반점 바이러스에 의해 연간 2천 5백만 달러의 피해 발생
필리핀	1996년 흰반점 바이러스 발병으로 90% 이상의 양식새우가 폐사, 1998~2000년 기간 동안 발생한 바이러스성 돌 어류 질병으로 양식어가 소득의 75% 감소
태국	1997년 흰반점 바이러스에 의해 양식새우 생산량의 50% 이상이 감소, 1998년~2000년 기간 동안 바이러스성 틸라피아 질병으로 4억 7천만 달러의 경제적 피해 발생

[APEC 지역 이동수단별 IMP(Introduced Marine Pest) 이동 사례]

IMP 이동수단	IMP명	유입지	본원지
밸러스트 배출수	황망동어	미국(캘리포니아), 호주	동아시아(중국, 일본 등)
	검물벼룩	칠레	일본
	유해성 적조 생물류	호주, 일본, 한국, 러시아, 중국, 홍콩, 대만, 칠레, 페루, 미국 등	-
	북태평양 불가사리	호주	북서태평양지역, 일본
	따개비	일본, 미국, 뉴질랜드, 호주	-
	흑해 해파리	미국	-
	청게	일본	캐나다, 유럽
	유럽 총합	호주	유럽/지중해
	갯지렁이	호주, 미국(하와이)	캐리비안, 북동아메리카
	지중해 총합	일본, 중국, 홍콩	한국, 일본
	일본 마호가니 총합	미국, 캐나다	중국, 일본, 한국
	아시아산 총합	미국(캘리포니아)	-
선체 오염물 부착	이끼 벌레류	일본, 뉴질랜드, 호주, 미국	-
	검은 줄무늬 총합	호주, 인도네시아, 싱가포르, 태국, 말레이시아, 중국, 대만, 베트남	멕시코만, 캐리비안지역
수산 양식종의 이동	불가사리	호주	뉴질랜드
	태평양 굴	호주, 뉴질랜드, 캐나다, 미국, 멕시코, 페루	북서태평양지역
	전염성 괴저염 바이러스	칠레, 일본, 멕시코	-
	중국산 멧뜬게	미국	중국, 한국
	왕농어	브루나이	태국, 말레이시아
	타우라 바이러스(TSV)	미국(하와이), 멕시코, 대만	-
	흰반점 바이러스(WSSV)	일본, 중국, 대만, 멕시코, 필리핀, 태국, 페루	-
수족관 관련 사업	탈라피아	북서·북동태평양	-

자료출처:APEC, Development of a regional risk management framework for APEC economics for use in the control and prevention of IMP. 2004.

- 세계 주요 국가는 외래해양생물종의 피해를 사전에 대응하기 위해서 각국마다 선박평형수, 선체 부착물 및 양식 어류의 운송에 의한 유입생물을 통제하기 위해서 관리 프로그램을 개발하고 있음

[각국의 IMP(Introduced Marine Pest) 관리현황]

국가	IMP 관리 현황
호주	·National Introduced Species Port Survey Program 을 만들어 조사 및 표본 추출방법의 표준화를 통해 IMP 유입 파악 ·2001년부터 공해상 밸러스트 수 교환 의무화 ·관련기간의 유기적인 체계를 강화하여 IMP 유입에 따른 피해 최소화, 조기경보, 신속한 대응체제 정비
캐나다	·해양수산부와 교통부가 IMP 관리를 담당 ·선박의 밸러스트를 최우선 관리대상으로 하고 있으며, 육상에 배출수 처리시설을 설치하여 밸러스트 수에 의한 IMP 유입 차단
칠레	·현재 11개의 외래생물종 리스트를 만들어 체계적으로 감시 ·민간 양식업자들의 IMP 유입에 대한 적극적 감시활동, 대학, 연구소 등의 조사
말레이시아	·양식어류 이동에 대한 IMP 유입 감시 및 감독 강화
뉴질랜드	·어업부, 교통부, 환경부가 IMP 관리를 위해 유기적으로 결합 ·2000년 5년간 약 1,000만 달러(NZ\$)를 들여 IMP에 대한 조사 실시 ·2001년 생물종다양성을 위한 3개년 전략적 계획안 수립 ·1998년 밸러스트 수 교환 의무화 ·수입수산물에 대한 건강기준(Health Standard)를 만들어 모든 수입수산물에 적용
필리핀	·IMP 유입에 대한 감시 및 감독체제 강화 ·특히 질병이나 적조 발생에 따른 양식장 피해 최소화에 주력
미국	·1999년 IMP 관련 업무를 통합 관리하는 외래생물종관리위원회(National Invasive Species Council)설립 ·'Dirt List'를 작성하여 리스트에 있는 종에 대해서는 특별 관리 ·2000년 EEZ 외측에서 기항하고, 밸러스트 수를 가진 모든 선박에 대해 밸러스트 수 교환 의무화 ·1995년 SPS Agreement에 따라 양식수산물에 피해를 주는 병원체 등에 대한 통제 강화 ·민간연구소 등에 IMP 유입과 피해에 대한 적극적인 조사활동

- 기존 선박평형수 처리 정책이 원충성 질병원 방제에 효과적이지 않을 수 있음
- 원충성 질병원의 경우, 휴면포자 상태로 해수에 오래 잔존할 수 있음 (굴, 전복 및 바지락의 원충성 질병원인 *Perkinsus*의 경우에는 강염기성인 고농도의 NaOH 에도 세포벽이 녹지 않아 정량적으로 개수가 가능함)
- 또한 원충성 질병원의 경우, 기존 숙주에 negative한 영향을 보이지 않는 것도 있으나 다른 숙주에 negative한 영향을 미치는 경우도 발생함
- 따라서, 원충성 질병원 진단 방법에 대한 개발이 필요한 실정임.
- 최근 보다 강화된 IMO BWM 가이드라인(Updated methodology)에 따르기 위하여 선박평형수 처리장치 환경안전성평가를 수행하고 있는 각국의 여러 시험기관 들은 일관된 해양환경생태 영향을 모니터링 하기 위한 방법론 등을 세계적으로 일치시키기 위한 노력들을 진행하고 있음
- 활성물질을 사용하는 처리시스템을 승인하기위한 IMO BWM 가이드라인인 G9은 처리 후 배출수의 독성평가를 비교적 엄격한 가이드라인에 맞게 실시하고 이 정보를 제공하도록 명시하고 있으나 이러한 노력에도 불구하고 배출수내 활성물질의 독성을 과소평가할 수 있는 여지는 남아있음. 따라서 차후 보다 민감한 만성 독성, 생물축적, 발암, 돌연변이 및 내분비교란물질 등에 대해 영향평가를 해야 한다고 명시하고 있음
- 최근 국내에서는 선박평형수 처리장치의 IMO MEPC 승인을 위한 시험기관을 지

정하고 또한 처리수의 해양환경생태 영향에 대한 평가에 대한 관리 감독을 지속적으로 강화하고 있음

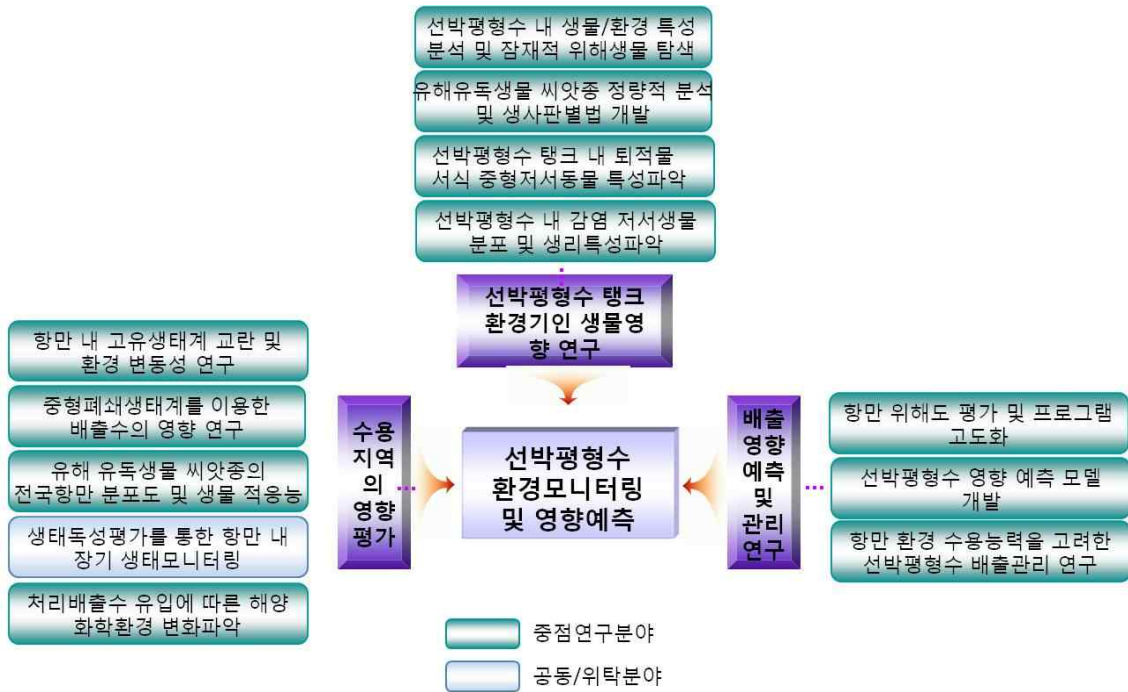
- 해양배출폐기물에 대한 생태독성 시험법 2종(발광미생물, 단각류)이 공정시험법으로 등재되어 있으나, 선박평형수 배출로 인한 장기 영향을 평가하기 위한 민감한 최적 만성평가기술이 개발될 필요가 있음
- 정부는 최근 과거 무분별한 선박의 평형수 처리로 인한 해양환경 위해에 대해 관리 강화를 목적으로 제도를 정비하고 장기적인 해양환경생태 모니터링을 계획하고 있음

2.4 기술기능전개 및 기술트리

가. 세부기술 분석

핵심 기술군	세부 기술	현기술 활용	기술보완		개발필요	
			해외기술 도입	연구 개발	중요도 (0~5점)	시급성 (0~5점)
선박평형수 환경모니터링 및 영향 예측	선박평형수 내 생물/환경 특성분석 및 잠재적 위해생물 탐색	○		○	5	5
	선박평형수기인 유해유독 생물 씨앗종 정량분석과 생사판별법 개발	○		○	5	5
	유해유독생물 씨앗종의 항만환경 적응능력 및 항만 분포도	○		○	5	5
	선박평형수로 인한 외래 중형저서동물 유입을 파악하여 위해성이 있는 종에 대한 연구 자료 확보	○		○	5	5
	유용생물 원충성 진단 기술 kit 및 건강도 지수 개발	○		○	5	5
	처리배출수에 대한 조기 생태독성평가 기술	○		○	5	5
	항만해역의 해양환경생태 장기모니터링 기술	○		○	5	5
	중형폐쇄생태계를 이용한 배출수 영향 평가기술 개발	○		○	5	5
	항만 위해도 평가 시스템 구축기술 개발	○		○	5	5
	선박평형수 영향 예측모델 개발 및 배출관리 기술 개발	○		○	5	5

나. 기술 트리(Technology Tree)



[선박평형수 모니터링 및 영향예측 기술트리]

2.5 핵심 기술/연구군 도출

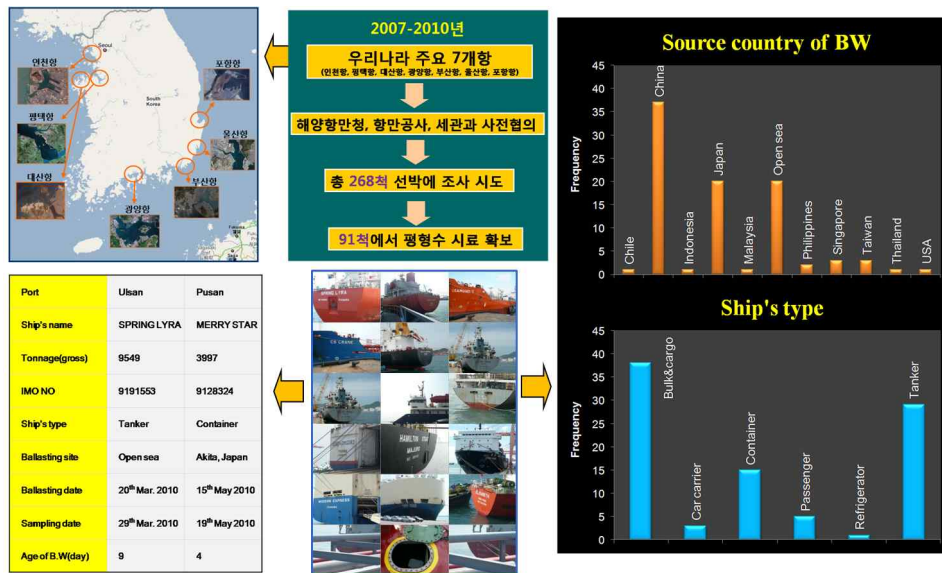
- 선박평형수 내 생물/환경 특성분석 및 잠재적 위해생물 탐색
- 선박평형수내 유해유독생물의 씨앗종의 정량적 분석법과 생사판별법 기술개발
- 항만 내 유해유독생물의 씨앗종의 분포도 및 생물적응 능력탐색
- 선박평형수로 인한 외래 중형저서동물 유입을 파악하여 위해성이 있는 종에 대한 연구 자료 확보
- 유용생물 원충성 진단 기술 kit 및 건강도 지수 개발
- 항만해역의 해양환경생태 장기모니터링 기술개발
- 중형폐쇄생태계를 이용한 처리배출수 기인 생태계 위해성 평가기술 개발
- 처리배출수에 대한 조기 생태독성평가 기술개발
- 선박평형수관리 및 면제를 위한 위해도 평가 프로그램의 개발

2.6 기술 동향 분석

가. 국내 기술 동향

□ 선박평형수 모니터링 및 영향 예측 분야

- 한국해양과학기술원에서 2007년부터 4년간 '항만 환경위해도 평가기술 개발연구'를 통하여 주요 무역항에서 선박평형수 내 생물/환경 모니터링을 유일하게 수행한 바 있으며, 이 연구에서는 부유생물 출현종을 목록화하는 수준이었음



[한국해양과학기술원에서 수행한 선박평형수 내 환경/생물 모니터링 현황]

- 최근 IMO에서는 기존의 협약에서 제시하지 않은 극미소생물체(10 μm 이하; microbial population)에 관한 규제를 위한 새로운 국제협약을 채택하기 위해서 활발하게 움직이고 있으나, 우리나라에서는 이들 연구에 대응할 수 있는 정량적 기술 개발이 전혀 이루어지지 않음
- 선박평형수 기원 유해유독 생물의 씨앗종을 정량적으로 연구한 사례는 전무한 상태임
- 유해 유독생물에 관한 조사로 Kim et al. (2009)에 의한 와편모조류 씨앗종의 분포 특성을 광양만에서 조사한 연구사례가 있으나, 국내 주요 무역항에서 유해유독 생물의 씨앗종을 정량적으로 평가한 사례는 전무한 상태임. 또한 배출시 생물의 잠재적 적응능력을 판단할 수 있는 생물활성능력을 평가한 연구사례는 한국해양과학기술원에서 수행한 "항만 환경위해도 평가기술 개발연구"에서 부분적으로 수행된 바 있으나, 선박평형수 기인 외래생물이 항만에 유입되어 항만환경에 적응하는 적응능력을 총체적으로 판단하기에는 많은 한계점이 있음
- 국내에서는 아직 선박평형수 탱크 내 퇴적물에 서식하는 중형저서동물에 관한

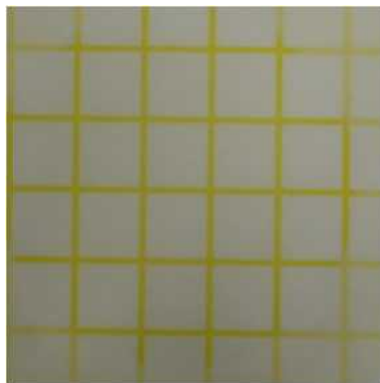
조사는 없음

- 한국에 입항한 선박 밸러스트 수에 존재하는 해양 부유생물 동정 (어패류의 아가미질병 감염을 일으킬 수 있는 *Chaetoceros* 종의 출현)
- 선박평형수 배출규제 대응기술 개발연구의 일환으로 2006년 동계와 춘계에 울산항과 부산항 내, 외에서 식물플랑크톤, 원생동물 및 동물플랑크톤을 조사 및 분석.
- 2007-2010까지 주요 무역항(인천, 광양, 부산, 울산)에서 환경 및 부유, 저서생물을 대상으로 항만 서식종을 계절조사하여 일상출현종과 잠재적 위해종을 정리함.
- 1999년 2월에 최초의 인공 폐쇄생태계 KOMES(KORDI Mesocosm의 약자)가 한국해양연구원에서 제작되어 (KOMES I, II, III), 폐쇄생태계 내 생태계의 거동 변화와 유기오염물질이 생태계에 미치는 영향 평가 실험을 수행함.
- Mesocosm raft 건조 후 2001-2002년에 2,500리터 규모의 부유폐쇄생태계로 생태학의 중요한 하향조절과 상향조절의 관점에서 생태계 영양학적 관계 조절실험을 수행함.
- 2003년도에는 북태평양 대양에서 망간단괴 채광과정이 환경요인에 미칠 수 있는 영향 평가를 위해 중형폐쇄생태계를 시범 운용함.
- 2004년도에는 미래기후변동예측을 위해 이산화탄소 농도의 미래농도 조절로 연안 부유생태계의 영향 파악연구를 수행함.
- 선박평형수에 유입된 식물플랑크톤의 종조성과 재성장능력
- 선박평형수에 의해 유입된 생물종 성장 가능성 모의
- 국내의 경우, 선박평형수 처리배출수의 활성물질 농도에 대한 연구는 일부 진행된 바 있으나 선박평형수 처리 배출수에 의한 해양환경생태 영향을 예측하기 위한 선박의 특성에 따른 평형수 탱크의 크기, 양, 취수 또는 배출을 의도하는 양과 생태계 영향과의 상관관계 등에 대한 연구가 거의 이루어지지 못함. 특히, 선박평형수 처리시스템과 관련하여 처리과정 중에 포함될 수 있는 유해화학물질의 농도, 배출량과 생태영향에 대한 직접적인 관련성에 대한 연구가 매우 미흡한 실정임
- 주요 선박평형수 배출해역 또는 인접한 해역에 생태계 보호의 관점에서 해양환경생태 모니터링에 대한 연구도 부족한 실정임. 물리, 화학, 생화학적 처리방법을 채택하는 선박평형수 처리시스템에 의해 발생하는 잠재적 유해물질인 선박평형수에 의한 생태영향에 대해서는 체계적인 조사 연구의 수행이 전무함
- 선박평형수의 양은 수톤에서 수백톤에 달하는 실정이나, 취수 및 배출해역에 대한 규정도 명확하지 않으며, 이로 인한 특정해역의 생태계 관리에 대한 연구도 전무한 실정임
- 최근 선박평형수 처리시스템의 국제해사기구(IMO) 승인을 위한 제한적인 연구들이 수행되고 있으나, 배출수의 생태영향 및 배출수에 포함되는 활성물질, 부산물(DBPs) 등 개별물질에 대한 생태영향 연구는 거의 없음
- 국내에서 항만, 또는 항만에 인접한 보호대상 해역에 대해 생태계 보호를 위한 환경기준 설정 등의 연구가 진행된 바 있으나, 이는 일반적인 중금속, 유기화학물질 등에 제한되어 있으며, 대량으로 배출되는 선박평형수 등에 포함될 수 있는 화학물질에 대한 모니터링 또는 기준 설정 등의 연구는 수행된 바 없음

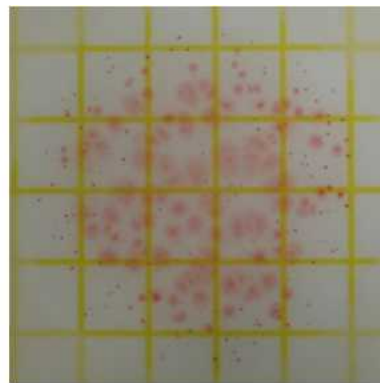
- 선박평형수 배출수에 대한 국내 해양 환경변화에 대한 조사와 이에 따른 해양생물 실험이 필수적이거나 국내 환경에 적합한 해양생물을 대상으로 한 연구는 거의 전무한 상태임
- 해양환경에서 미생물을 이용한 생태독성 영향을 평가하는 방법 등 일부 간편하고 신속하게 독성을 검출하는 기술에 대한 기초연구 등이 진행된 바 있으나, 연구의 목적으로 활용되고 있으며, 산업에 적용되기 위한 응용연구는 매우 제한적임
- 항만환경 유사도 평가 기법은 한국해양과학기술원에서 수행한 "항만 환경위해도 평가기술 개발연구"를 통해 개발(2010)한 바 있으나, 통계적 검증을 통한 국제적인 인증 과정이 남아있음

□ 선박평형수 감시 장치개발 분야

- 선박평형수 내 규제 대상 박테리아 유무 판별
 - 현재 IMO 규정에 따라 아래와 같은 방법이 채용되고 있음
 - a. 선박평형수 500 ml 채수
 - b. 일반세균
 - Petri-film 배지에 해수 1 ml 접종 후 24-48시간 배양하여 콜로니 형성을 보고 판정



General bacteria-
Negative

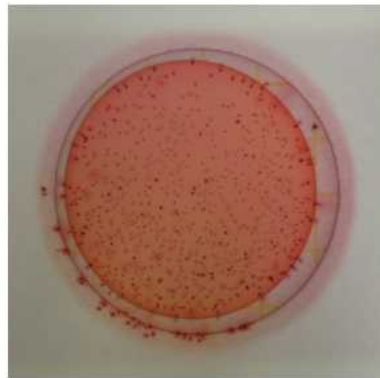


General bacteria-
Positive

- c. 대장균
 - Petri-film 배지에 해수 10 ml와 증류수 1 ml를 여과한 여과지를 배지에 덮어 접종함. 1일-2일 배양 후, 청록색 콜로니 또는 기포 생성 빨간색 콜로니 형성 유무로 판정



E. coli-Negative



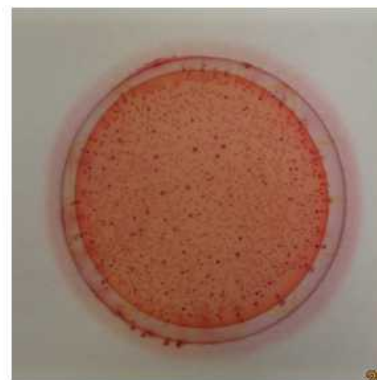
E. coli-Positive

d. Coliform

- Petri-film 배지에 해수 10 ml와 증류수 1 ml를 여과한 여과지를 배지에 덮어 접종함. 주변부에 기포를 형성하는 빨간색 콜로니의 형성 유무로 판정



Coliform-Negative



Coliform-Positive

e. TCBS vivrio

- 해수 10 ml를 여과한 여과지를 생배지에 얹어 접종함. 청녹색 (para) 및 노란색 (콜레라) 콜로니의 형성을 확인함



TCBS vivrio-Negative



TCBS vivrio-Positive

f. 장내구균

- 해수 10 ml를 여과한 여과지를 생배지에 얹어 접종함. 검붉은 콜로니의 형성으로 유무를 판단함



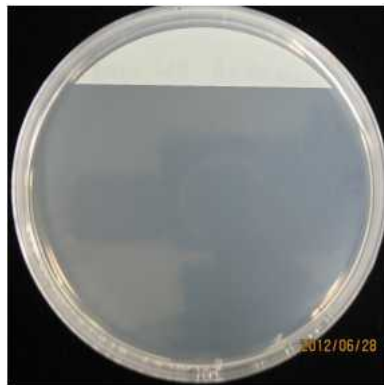
Enterococcus-Negative



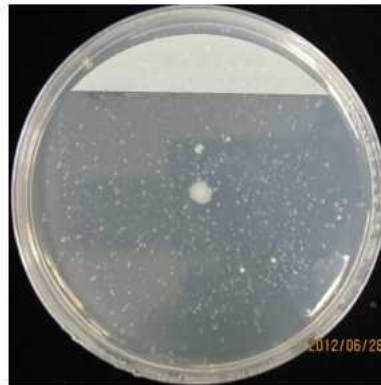
Enterococcus-Positive

g. R2A 종속영양박테리아

- 해수 0.1 ml를 배지에 도말하여 접종함. 하양거나 노란 콜로니의 형성으로 판단함



R2A hetero-Negative



R2A hetero-Positive

- 선박평형수 내 동·식물플랑크톤 유무 판별
- 동물플랑크톤이 경우, 20 L의 선박평형수를 플랑크톤 넷으로 여과함. 총 3회분을 합하여 50 μ m 메쉬로 시료를 농축함
- 식물플랑크톤은 1 L의 선박평형수를 플랑크톤 넷으로 여과함. 나머지 과정은 동물플랑크톤의 경우와 같음



[동식물플랑크톤 시료 채취]

- 현미경 검경으로 통하여 형태적 형질에 의한 동정, 형광색소를 이용한 형광 검출 등의 방법으로 동·식물플랑크톤의 유무 판정함

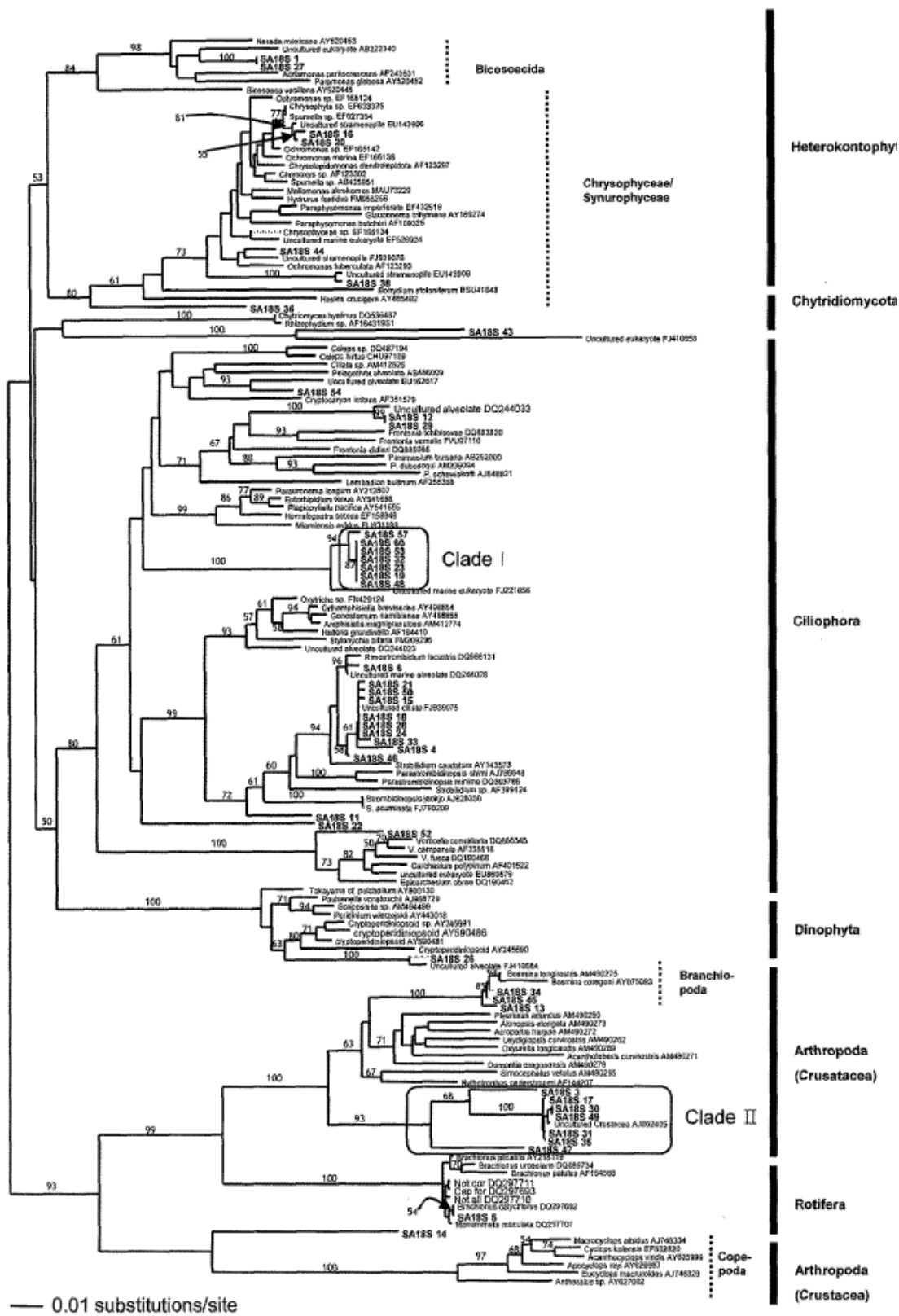
• 유전자 정보를 이용한 식물플랑크톤 검출 방법 및 적용 사례

○ 유전자 증폭법을 이용한 플랑크톤 군집 분석

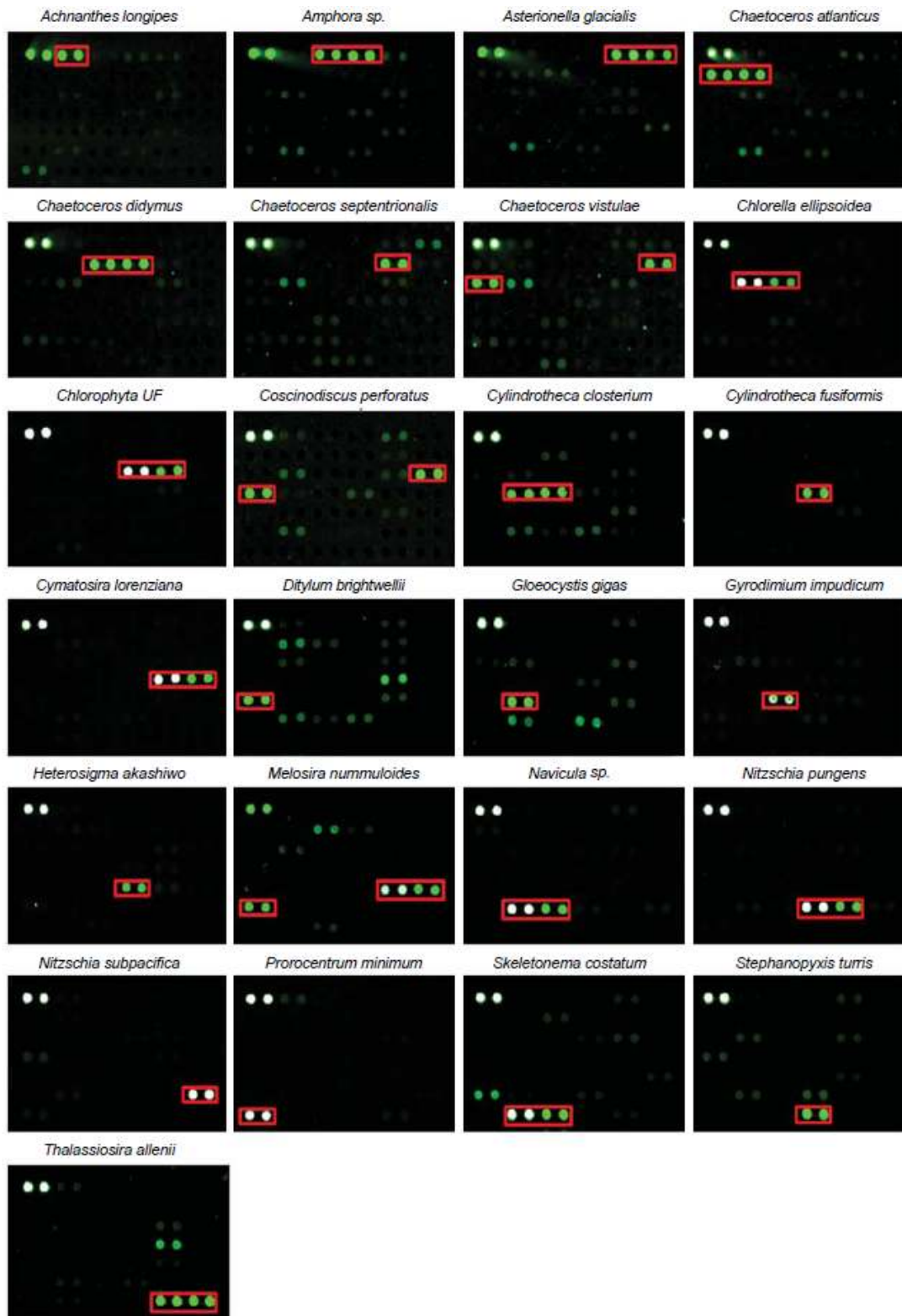
- 최근 'Barcode of Life' 국제 컨소시엄의 연구결과 덕분에 진핵생물의 경우, 많은 생물들의 18S rDNA, 28S rDNA 및 mtCOI의 DNA 염기서열 정보가 DB에 축적되어 있어, 이를 이용한 생물종의 동정에 활용되고 있음
- 실례로 18S rDNA 염기서열을 이용하여 연안의 플랑크톤 군집을 분석한 연구가 수행된 바 있음 (Kim et al., 2010. The Sea, 15(1): 25-35)
- SSU rDNA 염기서열을 이용하여 선박평형수 내의 와편모조류의 검출에 대한 연구가 수행되었음 (Park and Kim, 2010, The Sea 15(1): 36-40)
- 앞의 예 이외에도 몇몇 연구들이 진행되었으나, 아직은 초기 단계에 머물러 있음. 이러한 연구에서 얻어진 다양한 플랑크톤의 유전자 단편들은 기판위에 집적화하여, 간단한 조작에 의해 다수의 플랑크톤을 동정할 수 있는 마이크로어레이 유전자 칩과 같은 형태로 개발될 수 있음

○ 마이크로어레이 칩을 이용한 수계 미세조류 군집 조성 예측

- 최근 한국해양과학기술원에서는 미세조류의 barcoding 연구의 일환으로 한국 연안의 미세조류 25종으로부터 얻은 mitochondria COI 부위의 유전자 염기서열을 이용하여 마이크로어레이 칩을 개발하였음 (Lee et al., 2012, BioChip J., 6(4): 325-334). 이 마이크로어레이 칩을 이용하면 특정시기, 특정장소의 미세조류 군집 조성을 예측할 수 있음. 앞으로 보다 다양한 종을 대상으로 한 유전자 정보의 확보 및 칩 탑재가 기대되고 있음



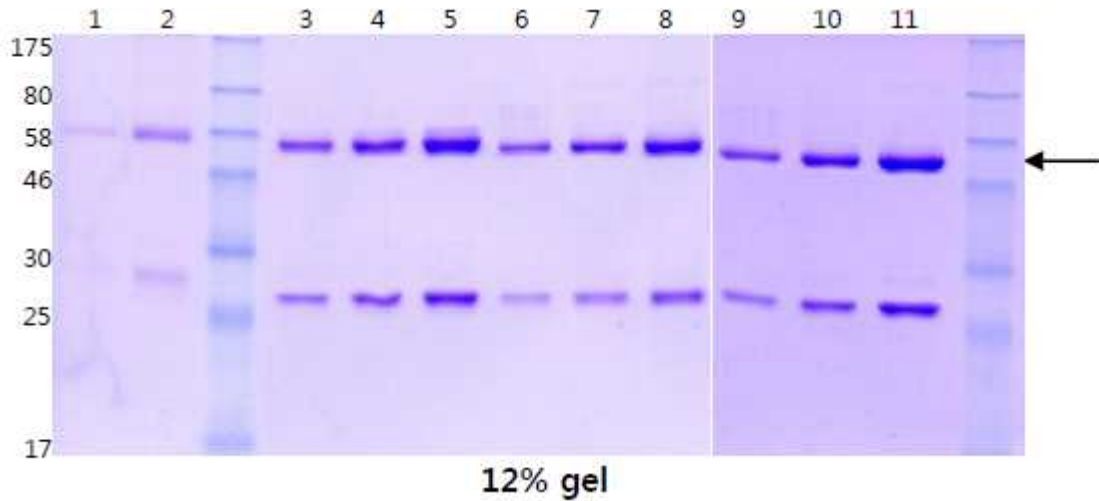
[18S rDNA 염기서열 정보에 의거한 연안 플랑크톤의 종 다양성]



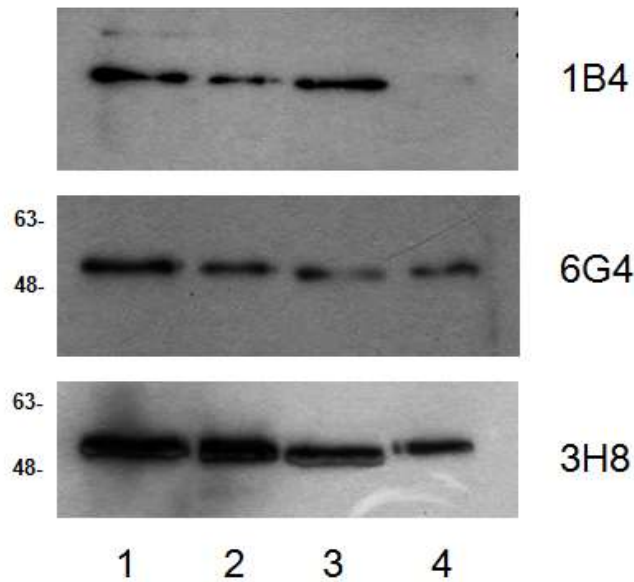
[유전자 정보를 이용한 미세조류 25종의 출현 여부 예측]

○ 단일클론항체를 이용한 식물플랑크톤의 검출

- 최근 한국해양과학기술원에서는 미세조류의 특정 단백질을 항원으로 이용하여 단일클론항체를 개발함. 이러한 항체는 면역크로마토그래피법을 이용한 Rapid kit으로 개발되어 실용화가 가능함



미세조류 특정 단백질에 대응하는 단일클론항체의 정제



[미세조류 특정 단백질에 대응하는 단일클론항체 3종(1B4, 6G4, 3H8)의 특이성. 1, 와편모조류a; 2, 와편모조류b; 3, 와편모조류c; 4. 규조류]

○ 특허동향

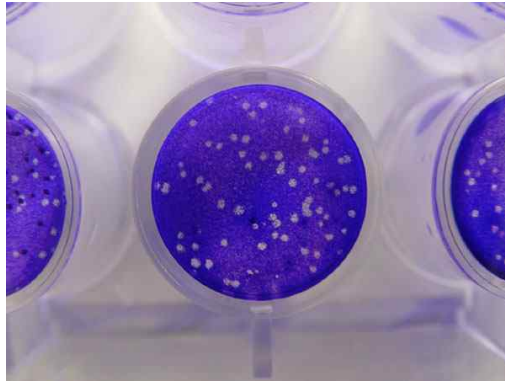
- 출원번호: 10-2009-0111725 선박 엔진의 배출가스를 이용한 선박평형수 처리방

법 및 처리장치: 선박 배출가스로 선박평형수의 pH를 낮춰 선박평형수 내의 해양미생물을 1차 사멸하고 배출가스와 열교환을 통해 온도를 높혀 2차로 잔류 해양미생물을 사멸시키는 방법 및 장치

- 출원번호: 10-2010-0055314 **해양퇴적물의 해양세균이 생성하는 생리활성물질을 이용한 적조생물 저해제 제조 방법** 해양세균의 2차 대사산물인 생리활성물질로 적조생물인 *Heterocapsa triquetra*를 사멸시키는 적조생물 저해제 제조 방법
- 출원번호: 10-2009-0123615 **내부관 여과층 및 외부관 여과층으로 구성된 여과 장치를 구비한 선박평형수 처리장치** 선박평형수의 해양미생물 여과 및 분리하는 선박평형수 처리장치
- 출원번호: 10-2010-0013913 **독성분이 있는 배출가스 혼합체에 생존하면서 온실 가스를 흡수한 수생식물의 포식자를 이용하는 온실가스 제거 및 바이오 에너지 제조 방법** 독성분이 있는 배출가스 혼합체에 생존하면서 온실가스를 흡수한 수생식물로 와편모조류가 기재되어 있음
- 출원번호: 10-2012-0026691 **선박평형수 내의 와편모조류 검출을 위한 헤테로캡사 트리퀘트라 유래 다클론항체** 적조유발 생물군인 와편모조류의 검출에 활용 가능한 헤테로캡사 트리퀘트라 유래의 다클론항체에 대한 특허

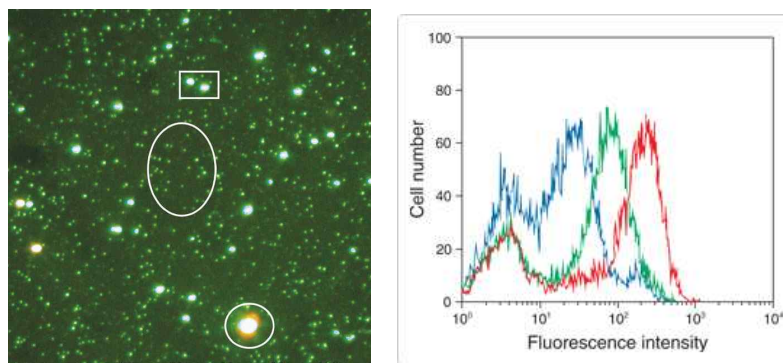
• 바이러스 검출 및 진단

- 일반적으로 현미경적 관찰, 항원 또는 항체 검출, 세포배양, 핵산검출 등으로 정리할 수 있음
- 현미경적 관찰법은 전자현미경 (특히 transmission electron microscope, TEM)을 사용하여 바이러스 입자를 확인하는 방법이나 고비용이며, 바이러스 존재 유무확인만 가능함. 최근에는 형광물질이 부착된 바이러스 항원에 대한 항체를 이용한 면역형광법 (immunofluorescence, IF)을 이용하여 특정바이러스를 형광현미경을 통해 관찰할 수 있음
- 항원 또는 항체를 이용한 바이러스 검출법은 주로 Enzyme Linked Immunosorbent Assay (ELISA)를 이용하는 방법으로 바이러스 항원을 인지하여 특정 바이러스의 존재를 확인하는 방법임. 잠복기에 들어가거나 극소량의 바이러스를 검출하기 위해서는 인체내에서 면역반응에 의해 생성된 특정 바이러스 항원에 대한 항체의 양을 ELISA를 통해 측정하여 간접적으로 바이러스 감염 유무를 확인 가능함
- 세포배양을 이용한 바이러스 검출법은 시료를 이용하여 세포를 감염시킨 후 이에 따른 세포변성효과 (cytopathic effect)를 현미경으로 관찰하거나 용균반 검사 (plaque assay)를 이용하여 단위부피 당 바이러스 양을 정량적으로 측정함. 세포변성효과를 나타내지 않는 바이러스는 바이러스와 적혈구의 유착을 확인하는 방법인 hemadsorption법을 이용하기도 함. 바이러스에 감염되는 숙주세포가 있어야만 가능한 검증법 임



[용균반 검사 (Plaque Assay)를 이용한
바이러스 정량 분석법]

- 최근들어 분자생물학의 발달에 따라 핵산증폭법 (polymerase chain reaction, PCR)을 이용하여 바이러스 유전체의 존재를 확인함. RNA바이러스는 역전사효소를 이용한 reverse transcriptase PCR을 통해 검출함. 또한 real-time PCR을 이용하여 바이러스 유전체의 양을 정량적으로 분석할 수 있음
- 해수나 담수에 존재하는 바이러스를 검출하는 방법으로는 Tangential Flow Filtration (TFF) 또는 Vortex Flow Filtration을 통해 바이러스를 걸러낸 뒤 PCR을 이용하여 유전적으로 분석하는 방법이 있음
- 최근들어 Syber Green (SYBR)을 이용하여 바이러스의 핵산을 염색한 뒤 Flow Cytometry (FCM)을 이용하여 검출하는 방법이 많이 이용됨



SYBR GREEN을 이용한 형광전자현미경 사진

○ 바이러스 감염 진단 제품

- 바이러스 감염 진단을 위해 주로 PCR 또는 ELISA 기반 진단키트가 개발되었음
- 바이오니아사는 PCR 또는 RT-PCR을 이용한 Norovirus, CMV, Influenza A virus, EBV, Herpes Simplex virus 등을 검출할 수 있는 AccuPower® kit를 개발함
- Solgent 사는 RT-PCR을 이용한 Influenza A virus 검출 kit를 개발함



- Seegene 사는 Real-Time PCR을 이용한 HPV, Respiratory Virus, CMV 검출 kit (Anyplex™) HSV 검출 kit를 개발함(Seeplex®)



- (주) 그린약품은 ELISA 기반의 Influenza, Dengue Virus, SARS-Corona Virus 진단 rapid test kit를 개발함
- 진매트릭스는 PCR 기반의 Hepatitis C Virus, Hepatitis B Virus, HPV 진단 kit를 개발함 (RFMP®)
- ATGEN은 ELISA 기반의 Influenza 항체 검사 kit를 개발함 (Rapid FLU™)
- (주) LG생명과학은 real-time PCR 기반의 Influenza A virus, HCV, HBV 진단 kit를 개발함 (AdvanSure)
- 래피젠은 ELISA 기반의 바이오크레딧 인플루엔자 A&B 항원진단 kit를 개발함.



- 서린바이오는 ELISA 기반의 HCV 진단 kit인 NoroCheck™ ELISA kit를 개발함
- (주) Standard Diagnostics는 ELISA기반의 Influenza A virus, Rotavirus, Adenovirus, RSV, Dengue, Hepatitis B virus, HIV (SD BIOLINE)



- (주) 바이오메드랩은 22가지 HPV 종 또는 장관계 바이러스를 진단할 수 있는 PCR기반의 DNA칩 키트인 HPVDNAChip®를 개발함
- 영천환경화학은 ELISA기반 새우 흰반점 바이러스 (WSSV) 진단키트를 개발함



- 선박평형수 시료 채취 및 전처리 장치
 - 국내에서의 선박평형수 시료 채취 및 전처리 장치 전무함
 - 다만, 선박평형수 처리 장치로 이용된 filtration 원리를 이용하여 시료 채취 장치를 개발할 수 있음
 - 국내외적으로 보고되고 있는 거의 모든 Lab-on-Chip은 유체 구동을 위한 펌프가 필요한 단점이 있음
 - 이러한 단점을 극복하기 위하여, 액적의 증발현상을 이용하거나 양단에 서로 다른 농도의 액체를 사용함으로써 유체 구동을 위한 외부장치가 필요없는 기술이 국내 연구진에 의해 보고됨

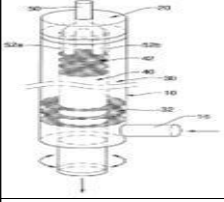
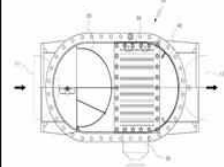
[시료 채취에 적용 가능한 국내 평형수 처리 장치 개발 동향]

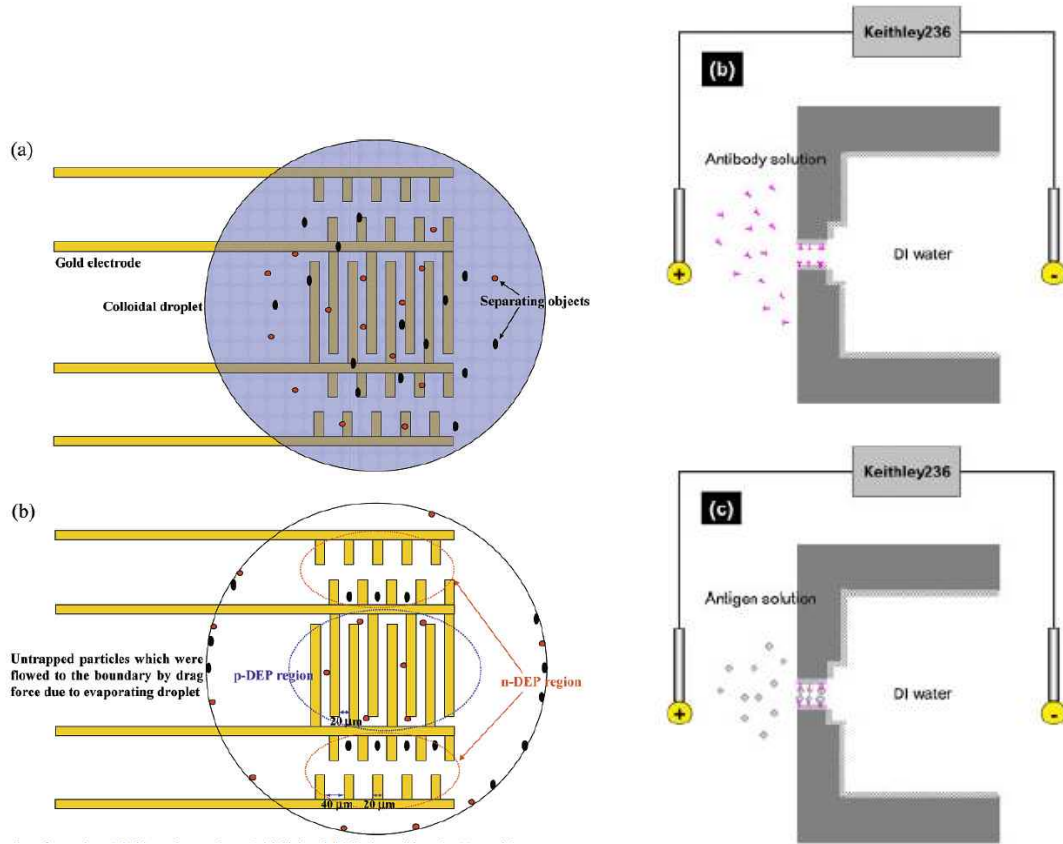
업체	종류	특징
광산	Filtration	- 50 μm 이상 입자 처리 가능 - 50 μm 이하 UV 처리
현대중공업	Filtration	- 필터로 전처리 - 전기분해 방식 이용 최종 처리 - 최대 8,000 m^3/hr 까지 처리 가능
21세기조선	Filtration	- 필터로 전처리 - UV 처리 - 미생물 영상검사장치



[시료 채취에 적용 가능한 국내 선박평형수 처리 장치
(좌부터, 광산, 현대중공업, 21세기 조선)]

[관련 특허별 기술 세부 내용 (국내)]

개발사	관련도식	특징
신강하이텍		- 내부관 여과층 및 외부관 여과층으로 구성된 여과장치를 구비한 선박평형수 처리장치 (10-2009-0123615) - Filtration 기술 - 1 mm 이하 망체가 복수로 구성 - 여과 층은 분리가 용이하도록 구성
선보공업		- 선박용 밸러스트 수 전처리 필터 및 그 처리 방법 (10-2009-0048487) - 1차 필터로 유기물 입자를 제거 - 통과한 평형수를 전기분해를 통해 살균 - 전기분해로 사멸된 미생물을 제거, 배출



[외부 구동장치가 필요없는 Lab-on-Chip (좌: Anal. Chem., 2007, 우: Jpn. J. Appl. Phys. 2011)]

○ 요약 및 제언

- 처리장치를 통과한 처리수내에서의 유해생물 검출을 위한 진단키트의 개발은 선박평형수 처리장치의 개발에 비해 전무하거나 개발에 대한 관심이 높지 않음. 이에 앞으로의 폭발적으로 증가할 시장 수요에 선제적으로 대응할 필요가 있음
- 특허의 경우 대부분 선박평형수 처리장치의 개발과 관련된 내용이며, 미세조류와 관련된 특허는 적조 저해제 개발에 대한 내용임. 미세조류 검출에 대한 특허는 현재 1건만이 출원중인 것으로 파악됨
- 현재 미세조류의 신속 동정/검출에 이용할 목적으로 유전자 정보를 이용한 마이크로어레이의 개발 및 항체를 이용한 면역크로마토그래피법에 의한 Rapid kit의 개발이 일부 진행되고 있으나, 개발 규모의 확대 및 가속화가 필요함
- 해양바이러스에 대한 연구는 거의 진행되고 있지 않은 것으로 판단되며, 이들은 잠재적 위험성이 매우 높음으로써, 이 생물군에 대한 기초연구의 투자다 필요하다고 생각됨. 특히 현재 국제적 규제 규정이 없는 실정에서 선제적 과학적 자료의 생산 및 확보가 매우 중요하다고 판단됨
- 생물종의 종 판별을 위한 키트의 개발은 현재 의약진단키트 분야에서 개발되고

있는 키트의 응용을 통해 기반기술 확보가 가능함

개발사	형태	특징
바이오랜드	Nanosign Cs Ab Nanosign Pw Ab	<ul style="list-style-type: none"> • 극소량의 혈액으로 10~15분 만에 결과를 확인 • 간흡충증 진단과 폐흡충증 진단
인포피아	휴대용 콜레스테롤 측정기	<ul style="list-style-type: none"> • 혈액 또는 타액을 통한 측정기 -항원항체 반응구조로 액체 내에서 대상물질의 농도와 유무를 판별
케이맥	바이오칩	<ul style="list-style-type: none"> • 대상생물 또는 물질에 반응하는 유기 능동형 발광다이오드 (AMOLED)와 바이오센서의 개발
씨젠	분자진단시약	<ul style="list-style-type: none"> • 질병 관련 분자진단시약 개발
에스디	마약진단키트	<ul style="list-style-type: none"> • 마약성분에 대한 항원·항체반응 이용, 필로폰·암페타민·코카인·대마초·모르핀 등 5종의 마약 투약 여부를 현장 확인할 수 있게 개발 • 여러 질환을 한꺼번에 진단할 수 있는 단백질칩 기술확보

나. 국외 기술 동향

□ 선박평형수 모니터링 및 영향 예측 분야

- 선박평형수를 통해 외래해양생물체가 다른 나라에 유입되어 해양생태계를 교란함에 따라 국제해사기구(IMO)에서는 2004년 2월 13일 이를 통제하기 위하여 "선박평형수 관리협약"을 채택한 바 있음. IMO에서는 선박평형수 통한 대표적 피해 유발 생물 10종을 선정하였음



[선박평형수를 통한 대표적 피해 유발 생물 10종(IMO 선정)]

- 미국은 NBIC(National Ballast Information Clearinghouse)와 Aquatic Nuisance Species Project를 통하여 선박평형수의 이동양상, 외래종의 분포양상 등의 조사 연구 수행 및 평형수 관련 데이터베이스를 구축 운영하고 있음



[미국(Smithsonian Environmental Research Center)의 선박평형수 샘플링]

- 호주는 자국 항만에서 평형수 배출여부를 결정하는 국가해양침입정보시스템(National Introduced Marine Pest Information System: NIMPIS)을 운영하고 있으며, NIMPIS는 위해종을 선별하기 위한 정보를 선박평형수 및 주변항만해역에

서의 지속적인 생물 모니터링을 통해 획득하고 있음.

- 일본의 경우 외래종 및 위협종을 대상으로 종 목록 및 유입경로를 파악하는데 주력해왔고, 선박, 어업, 수조산업(aquarium) 중 선박에 의한 영향이 우세하였음을 증명한 바 있음
- 선진국을 비롯한 세계 각국은 1980년대 중반부터 선박평형수와 관련된 다양한 연구(선박평형수내 생물상, 선박평형수 교환시 변화하는 생물상, 배출시 선박평형수내 환경조건, 선박평형수내 생물현존량과 항해 이동거리, 휴면포자와 시스터 형성 및 발아특성; Hallegraeff and Bolch 1992; Chu et al. 1997; Zhang and Dickman 1999; Lewis et al. 2003)의 연구가 진행되었음
- 항만내 유해유독 생물의 씨앗종의 분포특성에 관한 연구는 세계적으로 많이 수행되었으나(McMinn 1990; Azanaz et al. 2004; Wang et al., 2004), 그들 생물의 환경 적응능 평가와 발아 특성에 관해서는 연구가 빈약한 실정이나, 체샤픽만의 Baltimore 항구에서 수질 특성을 고려한 항만생태계 건강성을 평가한 사례는 있음
- 국외에서도 선박평형수로 인하여 유입되는 생물 조사는 주로 플랑크톤에 초점이 맞춰져 있음. 퇴적물에 서식하는 생물도 주로 대형저서동물에 관한 연구가 많음
- 선박평형수에서 산호초의 "white pox" 및 "white type II"를 유발하는 병원성 박테리아 검출
- 선박평형수에서 병원성 박테리아인 *Vibrio cholerae*를 신속하게 검출할 수 있는 real-time PCR 및 NASBA 방법의 개발
- 선박평형수로부터 유입되는 병원성 박테리아의 출현 보고
- 호주에서는 2001년에 항만 내 유입된 종들을 체계적으로 조사하기 위한 항만기초연구 가이드라인을 발간하고, 항만 및 주변해역에서 지속적인 생물모니터링을 수행.
- IMO주관 GloBallast program 개발을 위해 6개국 6개항(뭄바이, 오뎃사, 살단하, 세페티바, 카크섬)에서 34개 항목의 환경요인과 부유생물, 저서생물을 조사함.
- 발트해 인접국 9개국(덴마크, 에스토니아, 핀란드, 독일, 라트비아, 리투아니아, 폴란드, 러시아, 스웨덴)에서 항만 생물 모니터링을 수행함.
- 미국은 외래종 침입규제 행동강령에 근거하여 선박평형수의 이동양상 및 외래종의 시, 공간분포 양상파악 수행함.
- Perrins et al.(2006)은 선박평형수 처리기술 중 하나인 오존처리를 통한 생물학적 효능을 평가하기 위해 중형폐쇄생태계를 이용함(박테리아, 식물 및 동물플랑크톤의 생존평가)
- IMARES (Institute for Marine Resources & Ecosystem Studies)의 Sneekes et al.은 처리 배출수가 생태계에 미치는 독성을 예측하기 위해 중형폐쇄생태계를 이용하여 부유 및 저서생태계의 영향을 평가함.
- IMO BWM 국제협약 가이드라인에서는 선박평형수 처리배출수의 영향평가에 대해 예상불가능한 결과(배출수의 독성결여 또는 예상치 못한 독성)를 차후 계속적

으로 고심해야한다고 강조하고 있음

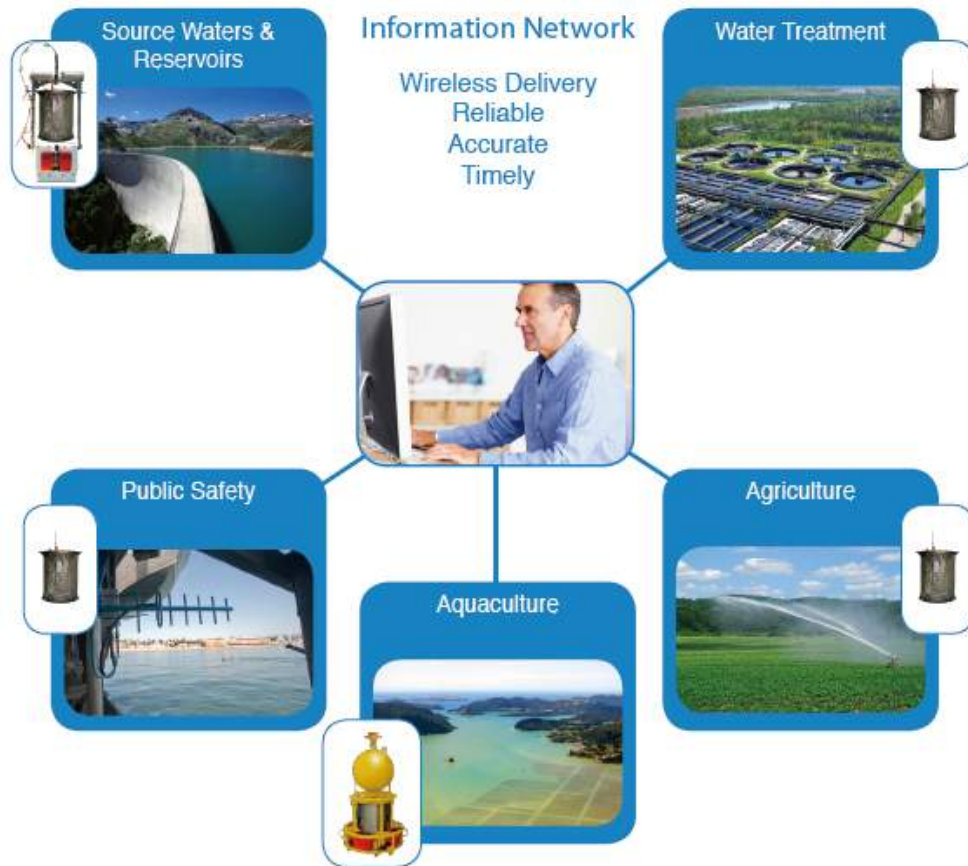
- 일본 OPRF는 선박평형수에 처리되는 화학물질에 의한 해양환경에 관한 2차적 독성 위험을 줄이기 위한 IMO 가이드라인에서 승인을 위한 처리배출수 농도에 대한 문제점을 제기하고 10년 이상의 만성독성과 내분비교란평가 연구 필요성을 제시함
- 미국, 영국 및 네덜란드를 비롯한 선진국에서는 이미 오래 전부터 선박평형수 배출수의 독성실험을 위한 생물 개발, 유지관리 및 독성시험에 적용하고 있으며 신속하고 다양한 정보를 필요로 하는 시대적 요구와 지역의 특성화 및 전문화 요구에 따라 보다 다양한 생물과 독성시험법 개발을 증가하는 추세임
- 미국의 경우, 선박평형수로부터 자국의 생태계 보호를 위해 US Coast Guard는 EEZ(배타적경제수역) 외측에 도착했을 때부터 선박평형수의 관리를 요구하며, 선박평형수의 배출을 엄격하게 규제함으로써 자국 생태계 보호를 도모함 (Docket No. USCG-2001-10486). 또한, 역내에서 통항하는 선박의 평형수 탱크의 크기, 개수, 담고 있는 양, 평형수의 기원, 예상되는 배출량 등을 보고하게 함으로서 선박평형수로부터 생태계 보호를 위한 다양한 규제를 적용하고 있음

□ 선박평형수 감시 장치개발 분야

- 특이 유전자 정보를 이용한 해수의 박테리아 군집 구조에 대한 연구
 - 유전자 정보의 대량 발굴 및 생물정보학 분석을 이용하여 해수의 박테리아 군집 구조를 이해하려는 연구가 진행되었음(Frias-Lopez et al., 2008, PNAS, 105(10): 3805-3810)
- 수계 미생물 및 미세조류 검출을 위한 장치 개발
 - 미국의 Spyglass사에서는 수중에 설치하여, 수계의 미생물 및 미세조류를 검출하도록 고안된 'Environmental Sample Processor (ESP)'를 통해 수생태계의 변동 상황을 실시간 모니터링하는 시스템 구축을 계획하고 있음
 - 위 시스템의 기반이 되는 ESP 내부에는 병원성 미생물을 검출할 수 있는 항체를 이용한 면역크로마토그래피 분석 장치와 미세조류를 검출할 수 있는 정량 PCR 모듈이 장착되어 있음



[미국 Spyglass사의 'Environmental Sample Processor' 내부도]



[미국의 Spyglass사에서 추구하는 'Environmental Sample Processor'를 이용한 수자원 원격 확인 시스템]

○ 특허동향

- 특허번호 US20110021357 **CONTROL OF HARMFUL ALGAL BLOOMS BY INDUCTION OF PROGRAMMED CELL DEATH** 해로운 조류가 생산하는 독신 또는 바이오마커를 검출하여 해로운 조류의 존재여부를 확인하는 것에 대한 기재가 있음

• 바이러스 검출 및 진단

- 국내와 마찬가지로 바이러스 감염 진단을 위해 주로 PCR 또는 ELISA 기반 키트가 개발되었음
- 오라슈어 테크놀로지, 오라퀵(미국): 입안의 체액을 분석해서 HIV 감염 여부를 확인함



- 트리니티 바이오테크, '유니-골드 리콤비겐'(아일랜드): 혈액이나 혈청 또는 혈장을 이용해 에이즈 바이러스 감염 여부를 10분만에 확인할 수 있음
- NORGEN BIOTEK은 PCR 또는 RT-PCR을 이용하여 Hepatitis B Virus, Norovirus, West Nile Virus (WNV), Influenza A Virus, RSV, Enterovirus, BKV/JCV 등을 검출하는 키트를 개발함



- Life Technologies, Applied Biosystems®는 PCR, RT-PCR을 이용하여 해수, 담수, 수중침전물, 분비물, 배설물 등에서 HAV, Norovirus, Influenza A virus 등을 검출할 수 있는 kit를 개발하였음



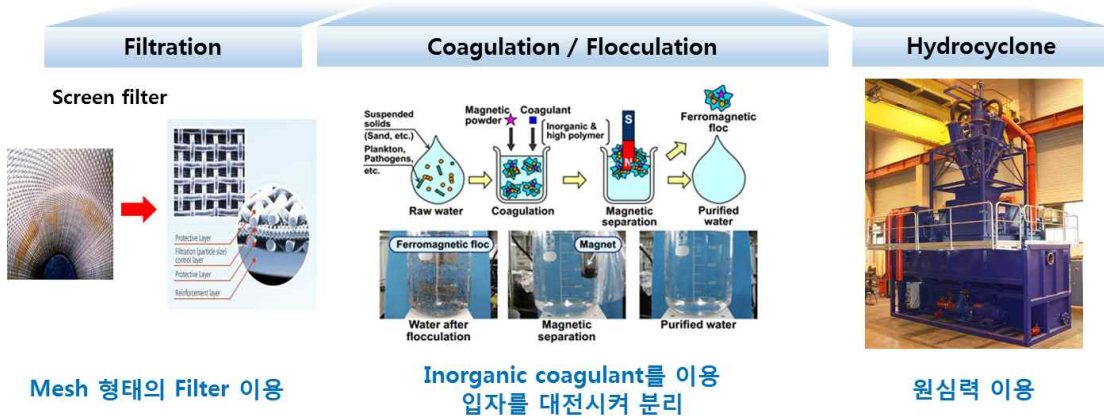
- Aquaticdiagnostics는 chromatographic immunoassay를 이용하여 물고기의 신장에서 Infectious Salmon Anaemia virus (ISAV)를 검출하는 키트를 개발함
- Virkon® 은 Aquatic White Spot Syndrome Virus를 검출할 수 있는 휴대용 kit를 개발함



- 해수, 담수, 수중 침전물, 어류 및 어패류에서 Largemouth Bass Virus (LMBV), Hepatitis A Virus (HAV), Enterovirus, White Spot Syndrome Virus (WSSV), Taura Syndrome Virus, Hematopoietic Necrosis Virus, hemorrhagic septicemia virus 등을 검출할 수 있는 PCR 및 RT-PCR 방법에 관한 보고가 되어있음

- 선박평형수 시료 채취 및 전처리 장치

- 기존 선박평형수 처리 기술(Filtration, Hydrocyclone, Coagulation/Flocculation 등)을 응용하여 시료 채취 장치를 개발할 수 있음 (아래의 그림 및 표 참조)
- 그러나, 평형수 배출 전 시료 채취와 관련 기술에 대한 특허는 보고된 바 없음
- (미국) 대장균 표면에 존재하는 특정 단백질에 선택적 결합반응을 보이는 항체를 이용하여 Lab-on-Chip이 보고되었음
- (미국) 마이크로 칩 상에 특이반응성 펩타이드를 도입하여 형광표지법 없이 미생물을 감지할 수 있는 기술이 보고되었음
- (미국) 식물성 플랑크톤의 엽록체가 특정 파장대에 빛에 반응하는 원리를 이용하여 식물성 플랑크톤의 존재여부를 확인할 수 있는 기술이 보고되었음
- 하지만, 다양한 미생물이 존재하는 실제 선박평형수 내 미생물을 모니터링하기 위한 전처리 장치는 보고된 바 없으며, Lab-on-Chip에 적용되고 있는 기술들을 활용하여 채취된 시료를 전처리할 수 있는 기술을 개발할 수 있음



[시료 채취 장치에 적용 가능한 선박평형수 처리 기술]

[시료 채취 기술별 장단점 비교]

기술	장 점	단점
Filtration	<ul style="list-style-type: none"> • Filter 크기에 따른 다양한 크기의 이물질 제거 가능 • 정상적인 작동 압력 이상으로 올라가는 경우 backflush를 통해 자동으로 필터 세척 	<ul style="list-style-type: none"> • 생물 및 이물질 포집을 위해서 backflush시에 나오는 샘플 이용 → 샘플효용가치 저하 • 샘플의 포집농도 조절 및 미생물의 일반성 저하
Coagulation / Flocculation	<ul style="list-style-type: none"> • 비교적 low cost • 60% 이상의 높은 포집률 	<ul style="list-style-type: none"> • Coagulant 사용으로 인한 환경 문제 • 화학 물질 사용으로 인한 샘플 변질 • 장치 구성 및 정확한 화학 비율 조절이 어려움
Hydrocyclone	<ul style="list-style-type: none"> • Hydrocyclone 크기에 따른 다양한 입자 적용 가능 • 샘플 변형 없이 포집 	<ul style="list-style-type: none"> • Hydrocyclone 크기 및 운전 조건에 따라 입자 포집 양 및 효율의 차이가 있음.

[시료 채취에 적용가능한 평형수 처리 장치 기술 개요]

이름	종류	특징
중국 SUNRUI	Filtration	- 저용량, 고효율 - 낮은 압력 손실
미국 Ecochlor	Filtration	- 필터로 전처리 - ClO ₂ 가스를 이용하여 최종처리 - 최대 9,600 m ³ /hr 까지 처리 가능
독일 RWO	Disk-Filtration	- 55 μm 이상 입자 처리 가능
일본 JFE	Filtration	- 고효율 필터와 벤츄리 튜브를 사용
그리스 ESK	Hydrocyclone	- 필터와 Hydrocyclone으로 전처리 - 염소를 이용하여 최종처리 - 최대 3,000 m ³ /hr까지 처리 가능


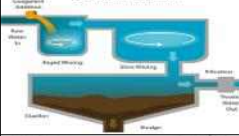

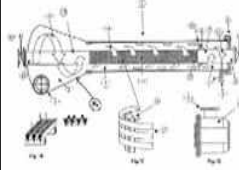
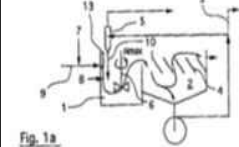


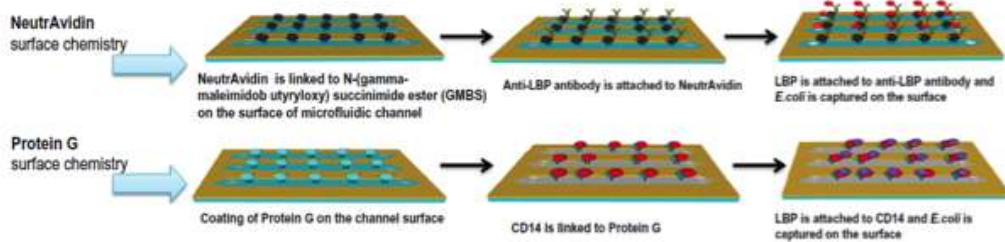
[국외 평형수 처리 장치 예(좌부터 미국, 독일, 일본)]

[시료 채취에 적용 가능한 국내/외 평형수 처리 기술 특허 동향]

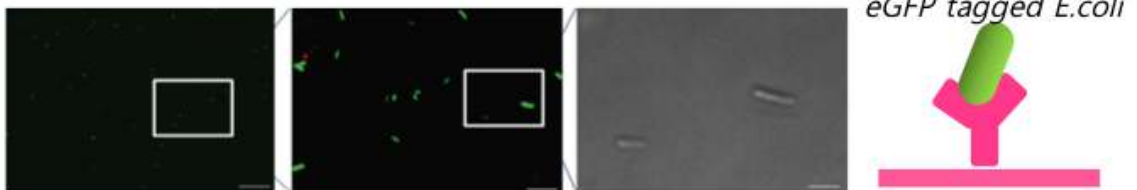
구분	Filtration	Hydrocyclone	Coagulation & Flocculation
한국	3	1	3
미국	7	2	5
유럽	5	1	1
일본	14	0	1
PCT	0	1	0

[관련 특허 기술 세부 내용 (국외)]

국 가	관련 도식	특 징
유럽		<ul style="list-style-type: none"> - 원심력을 이용 - Hydrocyclone법을 이용하여 미생물을 분리
유럽		<ul style="list-style-type: none"> - Coagulation-Flocculation을 이용한 분리 - 60 μm 이상의 미생물 포집 가능 - 5 g/l 로 포집 가능
유럽		<ul style="list-style-type: none"> - Hydrocyclone을 이용하여 큰 입자 분리
유럽		<ul style="list-style-type: none"> - 원심력을 이용, 큰 입자를 분리 - 실린더형 필터를 이용, 작은 입자 분리
미국		<ul style="list-style-type: none"> - Flocculation를 이용, 1차적으로 미생물 분리 - 중력을 이용하여 재분리

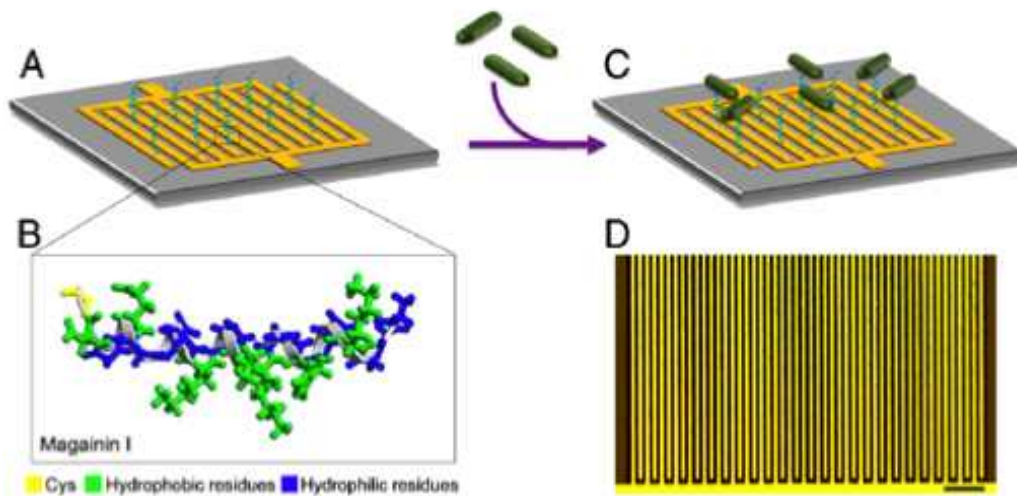


CD14, anti-LPS, or anti-flagellin antibodies was immobilized on the microchannel surface via Protein G

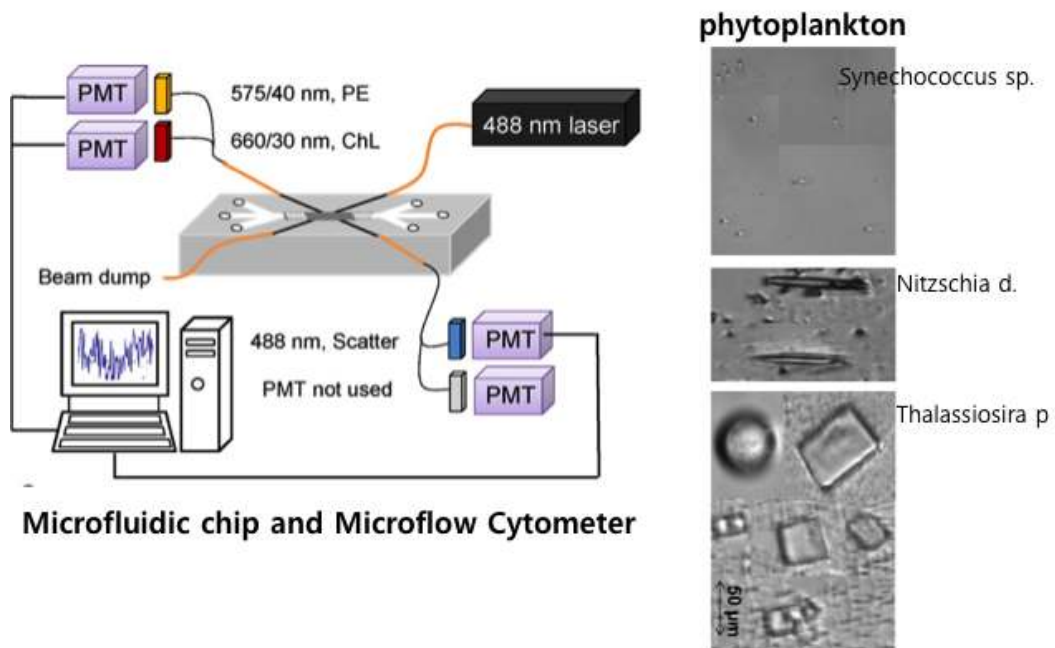


Microchip-based *E. coli* detection showed a positive correlation for concentrations ranging from 50 to 4,000 CFUs/mL

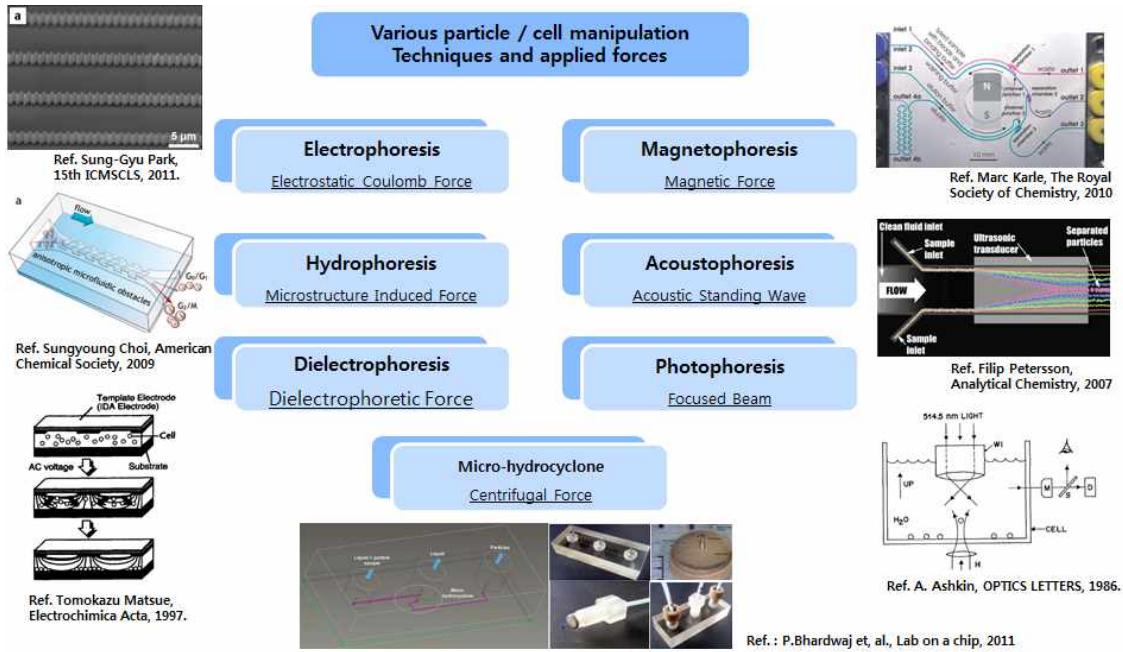
[대장균 검출용 Lab-on-Chip (Int J Nanomedicine, 2012)]



[특이반응성 펩타이드를 이용한 Lab-on-Chip (PNAS, 2012)]



[엽록체의 흡광/발광 특성을 이용한 Lab-on-Chip (Biosens Bioelectron., 2011)]



[입자 분리를 위한 Lab-on-Chip 기술 동향]

[Lab-on-Chip 기술 동향]

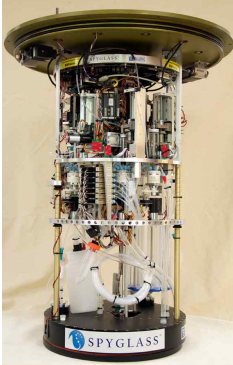
기술	포집 가능 셀 종류	사용 제원
Electrophoresis	λ -DNA, T4-DNA, RNA molecular, HEC polymer, sodium ions	약 50 μm
Magnetophoresis	DNA, whole blood	약 1 mm
Hydrophoresis	Blood plasma, DNA synthesis, microtubule polymerization, Fluorescent polystyrene beads	약 50 μm x 40 μm
Acoustophoresis	Polystyrene particles, red cells, platelets, leukocyte, spirulina cells in salt water, plant(algae)	약 250 μm x 750 μm
Photophoresis	polystyrene latex spheres, Silica particles in water, Mie and Rayleigh particles in water, λ -DNA	약 100 μm
Dielectrophoresis	mouse myeloma cell, cancer cell, antibiotics on bacteria	약 50 μm

○ 요약

- 선박평형수 처리수에 대한 테스트 키트개발은 미국이 가장 활발함
- 선박평형수 뿐만 아니라 수생태계의 병원성 미생물의 검출 및 미세조류 이상 증식을 검출할 수 있는 장치도 개발되어, 현장에 적용되고 있음
- 선박평형수의 처리수에 대한 샘플링 및 테스트를 위한 키트 개발이 진행

- 휴대용 또는 포켓사이즈로 단순한 형태로 개발되는 경향
- 신속하면서 정량화가 가능한 형태를 추구함

국가/개발사	형태	특징
미국/ Hach	<p style="text-align: center;">Rapid Ballast Test Kit</p>  <p>Hach Rapid Ballast Water Compliance Test Kit</p> <p><i>Provides a simple, rapid method for determining the efficacy of ballast water treatment systems.</i></p> <p>Complete Solution for Regulatory Compliance</p> <p>Simple for Users of All Skill Sets</p> <p>Robust, Portable Design</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 선박평형수의 처리수에 대한 샘플링 및 테스트를 위한 키트로 세 가지 장비로 구성 • 화학 물질의 총 잔류 산화제 수준을 테스트 • PAM Fluorometry를 이용한 방법
그리스/ CHEMO	<p style="text-align: center;">MARINE POTABLE WATER TEST KIT</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • 화학적 분석, 미생물 검출 여부를 알 수 있는 디지털 방식의 Colorimeter • 버튼방식 • 최적의 조건에서 24시간 내 정량화가 가능
미국/ ASSURE CONTROL	<p style="text-align: center;">QwikLite 200</p>  <p>QwikLite 200 BIOSENSOR SYSTEM</p> <p><i>The revolutionary use of a responsive aquatic organism and sensitive optics in electronic instrumentation to quantify toxicity in water and sediment samples.</i></p> <p>Applications</p> <p>Advantages</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Bioluminescent plankton을 이용한 일회용 테스트 키트 • 발광플랑크톤이 만들어내는 광신호를 이용하여 측정 • 5000번의 분석자료를 저장할 수 있게 고안

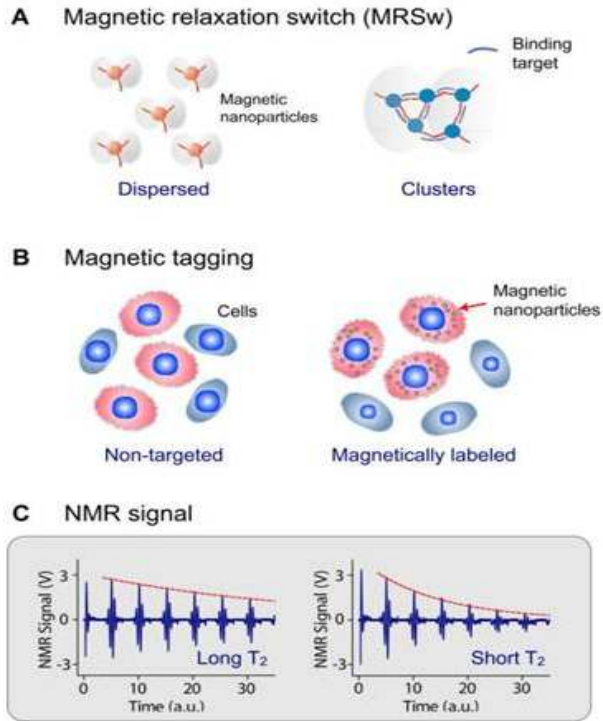
<p>미국/ SPYGLASS</p>	<p>Environmental Sample Processor</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • 유전자 및 단백질 정보를 이용하여 수계의 특정 생물 이상 증식 및 검출에 활용 • 면역크로마토그래피 및 정량PCR을 위한 module을 탑재하고 있음
---------------------	---	--

• 나노테크놀로지 적용 분야

○ 나노 물질 개발과 이를 활용한 적용되고 있는 분야는 현재까지는 대부분 바이오 진단 분야로, 응용 연구는 매우 활발하게 진행되었고, 이에 따른 기술적 완성도는 매우 높음. 특정 물질을 원하는 곳에 전달하거나 특정 세포, 단백질, 유전자 등을 쉽게 인지 할 수 있는 기술도 확립되어 있음. 다만, 이러한 기술을 이용한 선박 평형수 관련 및 환경오염에 적용 및 응용의 예는 아직 전무한 상황임

○ 자기적 특성을 이용한 진단 기술

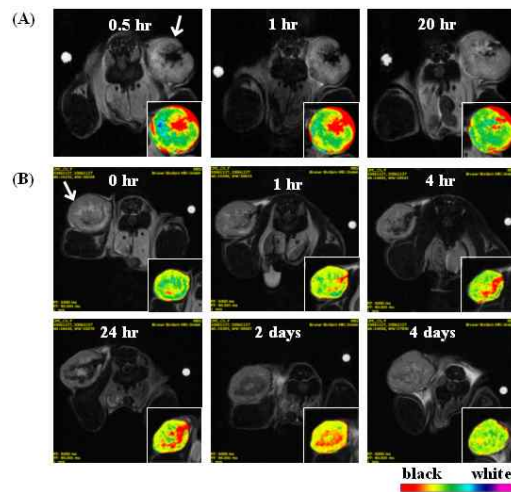
- 분석 시료의 종류에 따라서, 이에 인지/결합 가능한 자성 나노 물질을 이용하여 자기적 성질 변화를 측정함으로써, 원하는 시료의 정량 및 정성 분석이 가능한 기술이 이미 확립되었으며, 관련 마커를 이용하여 박테리아나 세포, 바이러스 등을 쉽고 빠르게 진단 할 수 있는 기술임. 아래 그림은 이러한 과정에 대한 원리에 대한 설명임



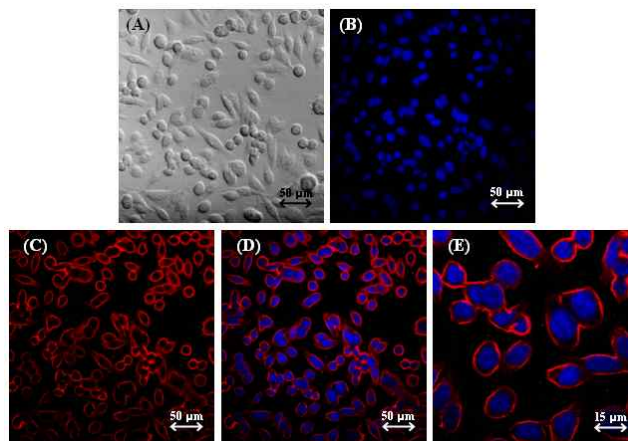
자성 나노 물질이 균일계 일때와 비균일 일
 [때의 자기적 변화에 대한 모식도 (A)와 이러
 한 원리로 target 박테리아나 바이러스에 대
 한 적용의 예 (B), 이러한 상황에서의 자기적
 신호 변화에 대한 결과 (C)]

- 나노테크놀로지 적용 예

- 뇌질환과 관련된 PVS의 형태적 변화를 관측하기 위해 특이 질환에 의한 형상의 변화를 인지하는 나노입자의 개발이 중요함
- 형광 및 자기적 성질이 우수하며, 암세포 특이적 인지 가능한 나노 입자를 개발함

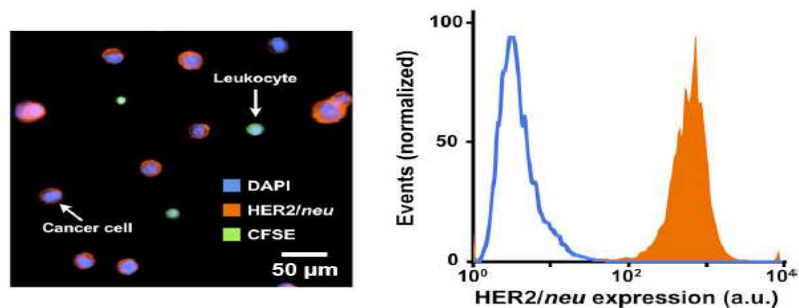


형광 및 자성 나노 입자를 혈관 주사
 [하여, 다양한 시간 간격의 MR 이미징
 결과(A), 복강 주사 방법을 이용하여
 이미징 결과(B)]



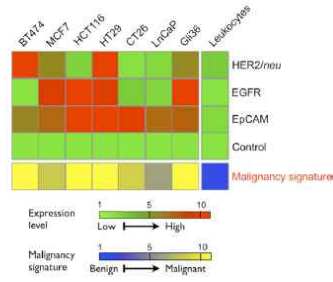
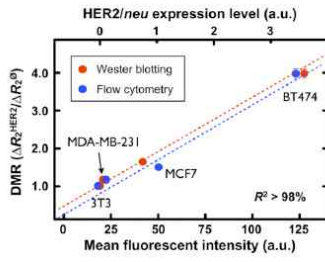
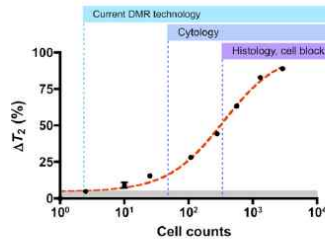
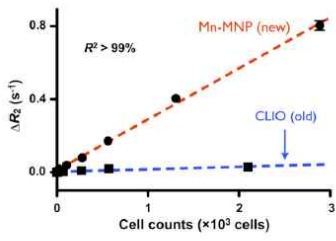
[Bright field 이미지(A), DAPI 핵 염색에 의한
 이미지(B), 붉은색 형광 이미지(C), B와 C를 혼
 성한 이미지, D의 확대 이미지(E)]

- 붉은색 형광 및 자성을 갖는 산화철 나노 입자의 표면에 대장암세포에 선택적으로 인지 가능한 Cetuximab 항체를 도입, HCT-116 대장암세포에 처리한 후, confocal microscope 형광 현미경을 이용해 관찰한 모양, 나노 입자들이 대장암 세포막 부위에 고루 targeting 되어 있음을 확인 할 수 있음
- 대장암세포가 주입되어 성장시킨 마우스 동물에, 위의 선택적 결합이 가능한 형광 및 자성 나노 입자를 혈관 및 복강 주사하여, 시간 별로 MR 이미징한 결과, 나노 입자를 혈관 주사 한 경우, 30분 만에 target 세포에 도달하여 이미징 되는 것을 확인하였고, 복강 주사의 경우 24시간 후에 서서히 나노입자들이 도달 하는 것을 확인하였음. 생체 처리 과정과 목적에 따라서 나노 입자 투여 방법을 달리 해야 함을 확인함. 또한 제안자가 형광뿐만 아니라, 자성을 이용한 MR 분석 기술을 보유하고 있음을 나타냄
- 혈액 내에 존재하는 암세포를 선택적으로 인지 가능한 형광/자성 나노입자를 이용하여 혈액세포 (leukocyte, white blood, red blood) 등과 차별적으로 targeting할 수 있는 연구를 수행 하였으며, 또한 정량적인 분석이 가능한 FACS 분석 기술을 보유하고 있음



[혈액내 암세포를 인정한(붉은색 형광) 분석결과와, 유방암 세포가 가지는 Her2 receptor에 의존적으로 결합된 나노입자의 정량적 분석 결과]

- 형광 및 자기적 성질이 우수한, 나노 입자를 이용하여 Her2 receptor 양이 각각 다른 유방암 세포를 인지, tagging된 나노 입자의 양에 의해서 각기 달라지는 magnetic property를 측정하는 것이 가능함



자기적 우수성이 높은 나노 입자를 이용하여, sensitivity가 높음을 확인 하였으며 (오른쪽 위), 또한 기존의 생물학적 암세포 확인 기술과의 비교우위 여부를 확인 하였고 (왼쪽 위) 각각 her2 level에 따라서 암세포의 정량 곡선을 확인 하였고 (오른쪽 아래), 유방암, 대장암, 뇌암 등에 선택적으로 처리 하여, 각각 magnetic signal 변화 유무를 도표로 확인 하였음. (왼쪽 아래)

2.7 현 기술의 취약성 및 전망

- 무역활동의 대부분을 선박에 의존하는 우리나라는 평형수를 통해 외래생물의 유입 가능성이 매우 높은 실정이나 체계적인 감시시스템 부족으로 우리 항만생태계에 미치는 영향 정도를 판단하는 자료가 매우 부족한 실정임. 따라서, 선박평형수로 유입되는 외래생물의 위해성을 진단하고 관리체계를 확립하여 우리 연안생태계 보호 및 선박평형수 이동으로 유발될 수 있는 피해를 최소화하기 위한 연구가 요구됨
- 특히 생존력이 강한 외래생물과 독성잔존 부산물에 대한 군집수준의 생태계 위해성 평가기법이 현재 시도 및 적용되지 않아 이에대한 적용연구 및 기술개발이 필요하며, 향후 도출결과 및 방법의 국, 내외 파급효과는 지대할 것으로 판단됨.
- 국내에서는 유해유독생물의 씨앗종의 정량적 분석법과 생사판별법에 관한 기술이 전무한 상태임으로 앞으로 단계적 기술 개발이 중요함
- 국내·외적으로 선박평형수 내 퇴적물에 서식하는 중형저서동물에 관한 기존 연구는 아직 초기 단계에 머물고 있음. 대상 생물의 체계적인 모니터링과 자료 확보를 통하여 향후에는 외래 기인 중형저서동물을 파악하고, 이들이 국내 저서생태계에서 어떠한 역할을 하며 서식하는지에 대한 연구를 통해 선박평형수 통합 관리기술개발 마련에 기여할 것으로 예상됨
- 박테리아 병원성 질병원의 출현 보고 및 검출 방법의 개발 위주
- 패류 질병원 중 원충성 질병의 경우, 휴면 포자의 상태로 오랜 시간 해수중에 잔존 가능함
- 이들 중, 원 숙주에는 병원성을 보이지 않으나 새로운 숙주로 전환 시 강한 병원성을 보이는 경우도 있음
- 이처럼 선박평형수로부터 유입될 가능성이 있는 원충류를 중심으로 모니터링을 실시하고, 이들을 진단할 수 있는 방법 개발이 가능함
- 해양 항만의 생태적 독성평가부분에 있어서, 현재 개발되어 있는 독성평가를 위한 해양모델생물의 다양성이 제한적이므로 추가적인 모델생물의 개발이 선행되어야 할 것으로 판단되며 이러한 모델생물과 평가방법의 개발은 국내의 해양생태를 평가하는데 가장 적합할 뿐아니라 차후 논문성과에도 기여할 것으로 사료됨
- 분자생물학적 조기생태독성평가 기술개발연구는 다양한 독성물질과 환경변화 등으로 인한 복합적효과에 의해 결과해석이 난해할 수 있으나 우선적 스크리닝 작업을 통해 변수를 제거하는 작업에 의해 리스크를 줄일 수 있으며 차후 얻어지는 기술은 장기 모니터링데이터와 더불어 현 규정을 유지하거나 보다 강화하고 악영향을 조기에 예방하는데 있어 이용가치가 매우 클 것으로 기대
- 국내에서 개발한 항만환경 유사도 평가 기법은 통계적 검증을 통한 국제적인 인증 과정이 남아있으나, 적용 가능한 종지리정보를 이용한 위해도 평가기법은 추진된 바 없어 이에 대한 개발이 요구 됨

2.8 미래시장 대응 역량 분석

가. 기술완성도

- 선박평형수내 유해유독생물의 씨앗종의 정량적 분석법과 생사판별법 기술과 항만내 씨앗종의 분포도 및 생물적응능력을 탐색하는 연구는 선박평형수 규제 및 관리에 관한 국제기준(Global standard)에 맞게 대응할 수 있는 국가차원의 전략적 비전과 역량을 제고할 수 있음
- 조직병리학적 방법을 이용한 국내 서식하는 다양한 유용생물 (굴, 담치, 바지락 등)의 질병 감염 관찰이 현재 가능함.
- PCR을 이용해 한국과 일본에 서식하는 바지락의 원충성 질병인 *Perkinsus olseni*의 진단 가능함.
- 중형폐쇄생태계의 제작 및 구성, 선박평형수 배출수 조건을 고려한 생태계 위해성 평가기술 개발연구는 향후 항만환경이 직면할 새로운 패러다임 조건을 적극적으로 대응할 수 있는 기본기술을 검비하고 있으며, 연구개발기간동안 적용연구개발을 통해 기초기술운용조건을 향상 수립할 수 있음.
- 생태독성평가 기술을 활용한 항만 내 장기모니터링을 위한 기술은 선박평형수 처리장치에서 배출되는 상대적으로 낮은 농도의 부산물(DBPs)의 생태영향을 감지할 수 있을 정도의 민감도를 갖는 기술의 완성이 요구됨.
- 선박평형수 위해도 평가 기법을 통합하여 선박평형수 배출에 관한 의사결정이 가능한 프로그램을 개발함으로써 국제적 기준을 선도할 수 있는 역량을 제고할 수 있음.

나. SWOT 분석

[선박평형수 모니터링 및 영향예측 분야]

내부환경요소 (강점)	내부환경요소 (약점)
<ul style="list-style-type: none"> ◦(S1) 선박평형수 모니터링 관련 우수한 인력 및 경험 보유 ◦(S2) 선박평형수에 대한 생태, 생리, 독성, 분자, 화학 등 다학제적 연구 가능 ◦(S3) 유해 유독 생물 씨앗종에 대한 연구 인프라 구축 ◦(S4) 선박평형수 및 항만연구에 대한 체계 구축 ◦(S5) 선박평형수 내 퇴적물에 서식하는 중형저서동물에 관한 연구는 국내·외 적으로 거의 이뤄지지 않은 연구 분야 ◦(S6) 퇴적물 내 높은 서식밀도를 갖고 있음 ◦(S7)환경관리에 대한 생태독성평가 기술 적용 경험이 풍부 	<ul style="list-style-type: none"> ◦(W1) 선박 기인 외래생물 유입 감시에 대한 R&D 실적 미흡 ◦(W2) 선박평형수 조사 관련 기관과의 협력체제 부족 ◦(W3) 선박평형수와 항만내 씨앗종에 관한 연구가 미미하여 관리프로그램 전무함 ◦(W4) 중형저서동물 중 우점 분류군인 선충류의 종 다양성이 높아 동정의 어려움이 있음. ◦(W5) 국내의 중형저서동물 관련 연구자료가 부족함. ◦(W6)생태독성기반 환경생태 장기모니터링을 위한 해양생물종의 제한 ◦(W7)생태독성평가의 자동화 기술 제한 ◦(W8) 처리배출수 환경영향 모니터링 경험 부족

<ul style="list-style-type: none"> ◦(S8)생태독성기반 환경생태 장기모니터링 기술 네트워크 보유 ◦(S9) 첨단분석기술 및 처리시험시설 확보 ◦(S10) 조직병리학적 방법을 이용한 유용생물 원충성 질병감염원 진단 ◦(S11) 해수유동모델 및 수질모델 구축 경험과 기술 보유 ◦(S12) 중형폐쇄생태계 시설 인프라 구축 ◦(S13) 생태계 위해성 평가 기초기술 보유 ◦(S14) 항만 환경/생물 장기모니터링 접근기술 보유 ◦(S15) 환경유사도 평가기법 기 개발 및 DB구축 경험 풍부 	<ul style="list-style-type: none"> ◦(W9) 박테리아성 질병원 중심의 연구 ◦(W10) 항만내 수질 및 독성 예측 모델 미비 ◦(W11) 새로운 패러다임의 항만 환경/생물 모니터링 기법 개발 미비 ◦(W12) 선박평형수 처리수를 고려한 중형폐쇄생태계 시설 보강 필요 ◦(W13) 강한생존력 보유 외래생물 및 부산물을 고려한 생태계 위해성 평가 시도 전무 ◦(W14) 종 위해도의 평가기법 표준체계의 부재 ◦(W15)
--	---

[각 이슈에 대한 대응전략]

분야	내용	대응전략
SO	◦ 선박평형수 모니터링 관련 우수한 인력 및 경험 보유	◦ 산·학·연 모니터링 전문가 집단과의 협력 네트워크를 최대한 활용
	◦ 유해 유독 생물 씨앗종에 대한 연구 인프라 구축, 선박평형수 및 항만연구에 대한 체계 구축	◦ 유해유독 생물 씨앗종에 관한 인프라를 활용하여, 선박평형수내 씨앗종과 항만내 거동연구에 관한 연구를 체계화하고 단계적 프로토콜을 정립함
	◦ 선박평형수 내 퇴적물에 서식하는 중형저서동물에 관한 연구는 국내·외적으로 거의 전무하며 퇴적물 내 높은 서식밀도를 가짐	◦ 저서생태계 내 중요시 되는 중형 저서동물이 탱크 내 퇴적물에 의한 국내유입으로 저서생태계에 미치는 영향을 파악하여 기초 자료 제시
	◦ 환경관리에 대한 생태독성평가 기술 적용 경험이 풍부	◦ 생태독성기반 모니터링 기술의 활용 및 적용 다변화
	◦ 첨단분석기술 및 처리시험시설 확보	◦ 각 분야 보유 기술 및 시험시설의 유기적 활용
	◦ 조직병리학적 방법을 이용한 유용생물 원충성 질병감염원 진단	◦ 조직상에서 발견된 질병 감염원의 분자생물학적 분석을 통해 진단 kit 개발
	◦ 해수유동모델 및 수질모델 구축 경험과 기술 보유	◦ 선박평형수 배출 기준에 근거한 항만별 배출 농도를 기반으로 선박평형수 배출영향 예측 및 대응 가능
	◦ 중형폐쇄생태계 인프라 및 적용기술 보유	◦ 선박평형수 배출수 조건을 고려한 중형폐쇄생태계 인프라 시설 개조 및 적용조건 신속적용 후 생태계 위해성 평가기술 개발
	◦ 항만 환경/생물 장기모니터링 기초기술 보유	◦ 선박평형수 처리시스템 도입 후 새로운 패러다임에 놓인 항만 환경/생물 장기모니터링 신 기초기술 개발
◦ 환경유사도 평가기법 경험으로 국제표준 제시	◦ 항만 위해도 평가방법의 표준체계 수립	
ST	◦ 선박평형수에 대한 생태, 생리, 독성, 분자, 화학 등 다학제적 연구 가능	◦ 선박평형수 분야에 다학제적인 연구 능력을 배양하고 있는 전문가 양성 및 활용 추진
	◦ 유해 유독 생물 씨앗종에 대한 연구 인프라 구축, 선박평형수 및 항만연구에 대한 체계 구축	◦ 체계적 연구결과를 바탕으로 국제적 협약발의 과정에서의 국가적 위상제고
	◦ 퇴적물 내 서식하는 중형저서동물에 대한 위해성이 중요시 되지 않음	◦ 탱크 내 퇴적물에도 대형저서동물 보다 높은 서식밀도를 보일 것으로 예상되고, 그 중 환경변화에 내성이 강한 선충류에 대한 연구가 필요함
	◦ 생태독성기반 환경생태 장기모니터링 기술 네트워크 보유	◦ 구축된 기술 네트워크의 활용
	◦ 평형수 처리기술분야의 높은 경쟁력	◦ 처리기술분야 전문가 등 유관분야의 다양한 전문가 적극 활용 전략 수립
	◦ 원충성 질병원의 국내해안 유입	◦ 선박평형수내 원충성 질병감염원 진단을 통한 국내 질병원 유입방지 및 경제적 손실방지
	◦ 선박평형수 배출에 따른 항만 환경 피해 증가	◦ 항만 특성을 고려한 선박평형수 배출 영향 평가를 통한 객관적이고 과학적인 근거 제시
	◦ 예측불허의 새로운 형태의 항만 환경 교란	◦ 기존 보유된 항만 환경/생물 장기모니터링 기술을 보완하여 새로운 패러다임 항만환경에 적극 적용
	◦ 선박평형수 처리배출수 고려된 위해성평가 전문	◦ 기존 중형폐쇄생태계 인프라시설 및 적용기술을 적극활용
◦ 국가간 항만위해도 평가방법의 합의 도출문제 잔존	◦ 항만 위해도 평가기법 개발 및 과학적 검증 수행	

분야	내용	대응전략
WO	◦ 선박 기인 외래생물 유입 감시에 대한 R&D 실적 미흡	◦ 선박평형수로 유입되는 외래생물의 위해성을 진단하고 관리체계를 확립할 수 있는 다양한 R&D 실적 확보 추진
	◦ 선박평형수와 항만 내 씨앗종에 관한 연구가 미미하여 관리프로그램 전무함	◦ 유해유독 생물 씨앗종이 항만과 연안해역의 유입을 사전에 차단하여 수산물에 대한 안전한 먹거리 제공
	◦ 중형저서동물 중 선충류의 종 다양성이 높아 동정의 어려움이 있으며 국내의 중형저서동물 관련 연구자료 부족	◦ 대상생물의 체계적인 모니터링 조사를 통한 기초 자료 수집과 문헌 조사 등을 통해 중형저서동물의 영향 파악

	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 생태독성기반 환경생태 장기모니터링을 위한 해양생물종의 제한 ◦ 처리배출수 환경영향 모니터링 경험 부족 ◦ 박테리아성 질병원 중심의 연구 ◦ 항만 내 수질 및 독성 예측 모델 미비 ◦ 새로운 패러다임의 항만 환경/생물 모니터링 기법 개발 미비 ◦ 강한생존력 보유 외래생물 및 부산물을 고려한 생태계 위해성 평가 시도 전무 ◦ 중 위해도의 평가기법 표준체계의 부재 	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 기술 네트워크 활용에 대한 제고 ◦ 처리배출수 환경영향 감시분야 선제적 대응을 통한 세계적 경쟁력 확보 ◦ 원충성질병원 진단 kit 외에도 독성플랑크톤 및 유해한 후생동물 진단 kit 개발 ◦ 학계 또는 국외 전문가들 간 협력하여 관련 기술 확보 ◦ 새로운 패러다임 조건들을 고려한 새로운 항만 관리기법 제시 ◦ 새로운 처리배출수 조건을 고려한 위해성평가 방법개발 ◦ 실용적이고 표준적인 중 위해도 평가기법의 개발
WT	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 선박평형수 조사 관련 기관과의 협력체제 부족 ◦ 선박평형수와 항만내 씨앗종에 관한 연구가 미미하여 관리프로그램 전무함 ◦ 퇴적물 내 서식하는 중형저서동물에 대한 위해성이 중요시 되지 않음 ◦ 생태독성평가의 자동화 기술 제한 ◦ 선박평형수 화학환경관련 분야간 융합 및 교류 부족 ◦ 원충에 의한 경제적인 손실 우려 ◦ 규제 강화로 인한 항만당국 및 해운사/선주간 갈등 유발 ◦ 새로운 형태의 위해생물 및 물질의 인식 부족 ◦ 새로운 처리배출수 조건을 고려한 평가방법 미비 ◦ 국가간 항만 위해도 평가방법의 합의방법 문제 	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 지방항만청, 세관, 항만공사 등 조사 관련 기관간 확고한 협력 방안 제시 ◦ 씨앗종에 관한 항만 관리프로그램의 필요성을 강조하여 외래생물 도입 및 정착에 관한 안전을 IMO에 제시함 ◦ 탱크 내 퇴적물에 서식하는 생물과 국내 연안에 서식하는 생물과의 비교를 통한 중형저서동물의 유입 가능성을 파악하고 유입 된 종들의 생태적 특성 조사를 통한 영향 파악 ◦ 생태독성평가 자동화에 적합한 모델시험중 및 연구기법개발 ◦ 정부의 지속적인 지원 및 예산 확보를 위한 관련 부처와의 유기적 협력 ◦ 개발된 질병 진단 kit를 이용해 국내 유입될 수 있고 경제적 손실을 줄 수 있는 질병원 원천 차단 ◦ 항만 특성을 고려한 선박평형수 배출 규제 마련 ◦ 항만이 겪게될 새로운 패러다임 조건을 명확히 인식하고 이에 대응한 장기모니터링 방법 개발 촉구 ◦ 새로운 처리배출수 조건을 고려한 생태계 위해성 평가방법의 개발로 항만 환경 관리기법 적극 제시 ◦ 표준적인 중 위해도 평가기법의 검증 및 타당성 분석 수행

[선박평형수 감시 장치 기술개발]

외부환경 요소	
<ul style="list-style-type: none"> ◦ (E1) 연안 해양환경보호 - 외래 생물 유입 통제에 따른 연안 생태계 교란 방지 ◦ (E2) 신부가가치 창조 - 선박평형수/항만의 생물 검출키트 및 휴대용 검출 장치 시장의 신 부가가치 상승 ◦ (E3) 간편한 선박평형수 시료 채취장치 및 검출 키드 개발로 인한 선박감시관리 업무 편리성 증대 ◦ (E4) 물류비용 절감으로 인한 동북아 허부 항만 위치 확보 ◦ (E5) BT, ET, NT 등 첨단 기술 융합 - 첨단 기술 융합에 따른 새로운 기술 분야 개척 ◦ (E6) 신기술 개발 - 선박평형수 관리와 관련된 다양한 세부 요소 기술 확보 ◦ (E7) 국제시장 확대 - 국내 현장 적용을 포함 해외의 선박평형수 검사 시장 개척 ◦ (E8) 기업을 통한 실용화 - 평형수 시료 채취 장치 및 검출키트 시장 개척을 기업에 유도 	
내부환경요소 (강점)	내부환경요소 (약점)
<ul style="list-style-type: none"> ◦(S1) 해양 미세조류에 대한 기초 연구경험 및 연구인력 풍부 ◦(S2) 융복합 기술 지원 정책 확대 ◦(S3) 해양생물학/유전단백체학/환경과학/나노과학/기계공학 등 다학제적 연구 가능 ◦(S4) 대형 사업을 통한 구축된 관·산·학·연 기술 네트워크 	<ul style="list-style-type: none"> ◦(W1) 국가간 합의점 도출 미흡으로 규정 정비 혼란 ◦(W2) 시료채취 장비 및 검출키트에 대한 R&D 경험 부족 ◦(W3) 다학제적 연구 경험부족에 따른 장애 요인 예측 곤란 ◦(W4) 시료채취 장비 및 검출키트에 대한 실용화 상품 개발 실적 미흡

3 연구개발 목표 수립

3.1 최종 목표 수립

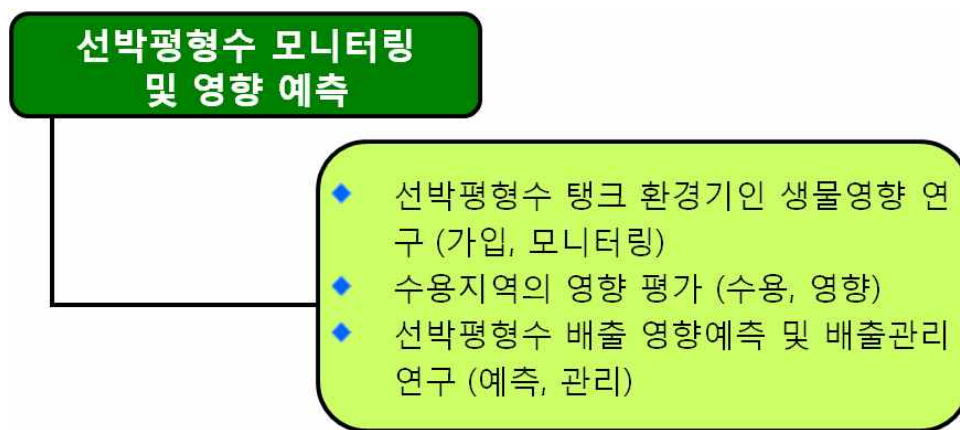
- 21세기 해양시대, 녹색성장 강국으로 발전하기 위한 선박평형수 분야에 대한 새로운 비전과 전략 제시
- 선진국의 기술수준을 따라잡는 수준이 아니라, 향후 5년 이내에 선박평형수 감시 장비 관련 글로벌 시장을 주도하고, 관련 종사자들이 사용(적용)할 수 있는 실용화 상품을 개발하는 것이 주목표임.
- 2가지 주요 기술 균을 설정
 - 선박평형수 모니터링 및 영향 예측 기술 개발
 - 선박평형수 감시 장치 개발



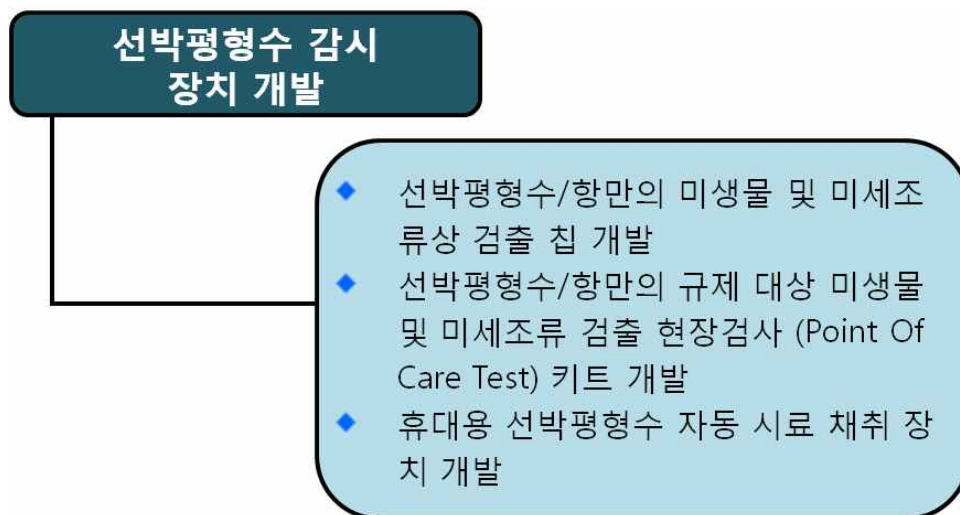
3.2 핵심 기술군 별 연구목표 수립

- 선박평형수 통합관리기술개발의 목표비전인 '향후 5년 이내에 선박평형수 감시 장비 관련 글로벌 마켓을 주도하고 실용화 상품개발을 달성하기 위한 핵심 연구/기술군 별 목표를 수립함.

□ 핵심기술군 1 (선박평형수 모니터링 및 영향 예측)



□ 핵심기술군 2 (선박평형수 감시 장치 개발)



4 핵심 연구개발 내용

4.1 선박평형수 모니터링 및 영향 예측

4.1.1 선박평형수 탱크 환경기인 생물영향 연구 (가입, 모니터링)

4.1.1.1 선박평형수 내 생물/환경 특성분석 및 잠재적 위해생물 탐색

- 주요항만에 입, 출항하는 선종, 항로별 평형수 탱크 내 생물/환경 모니터링
- 선박평형수 내 생물 잠재적 위해종 및 외래생물 탐색
- 선박평형수 내 생물 활성도 분석을 통한 생존 기작(survival mechanism) 규명
- 외래생물의 대한 생리, 생태학적 특성 분석을 통한 잠재적 확산 가능성 파악
- 외래생물 유입의 중요 source area 추적(high-risk shipping route 파악)

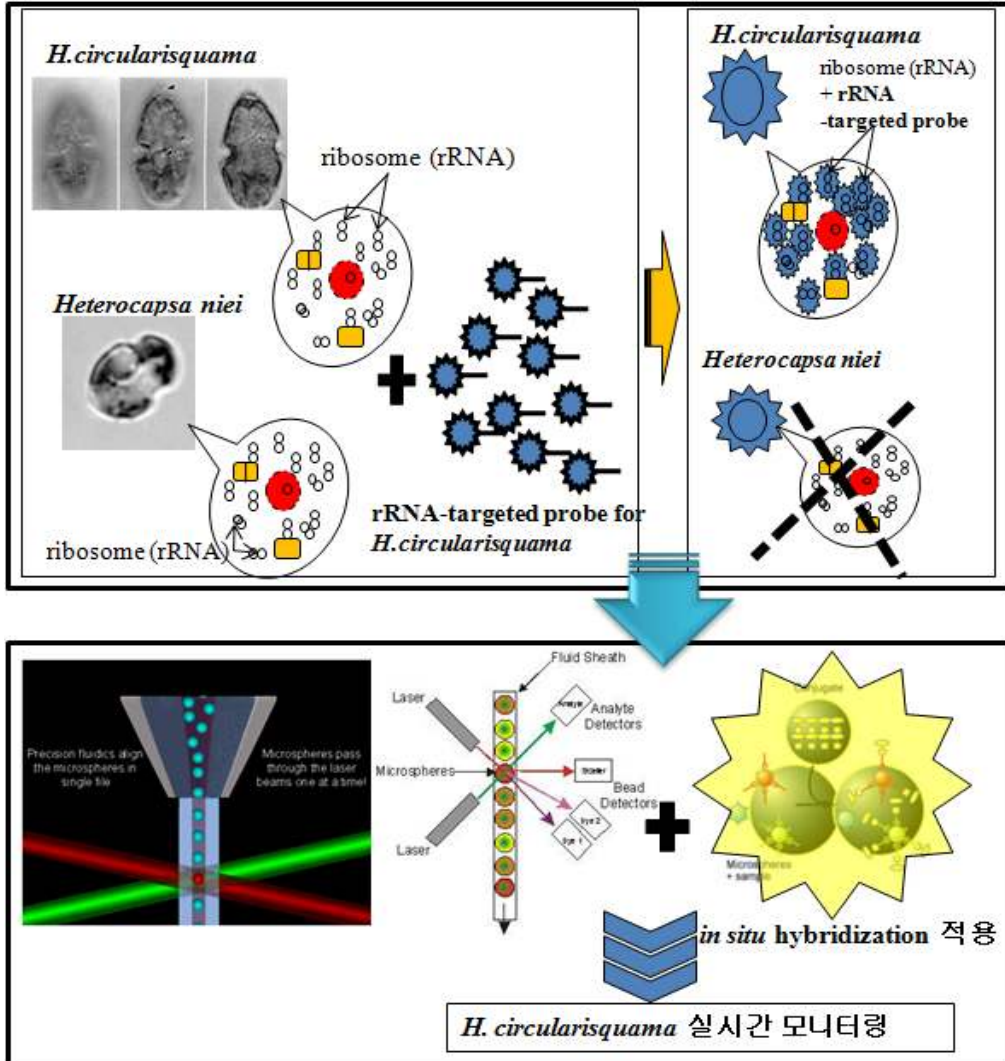


[선박평형수 내 생물/환경 특성분석 및 잠재적 위해생물 탐색]

4.1.1.2 선박평형수 기인 유해유독 생물 씨앗종 정량분석 및 생사판별법 개발

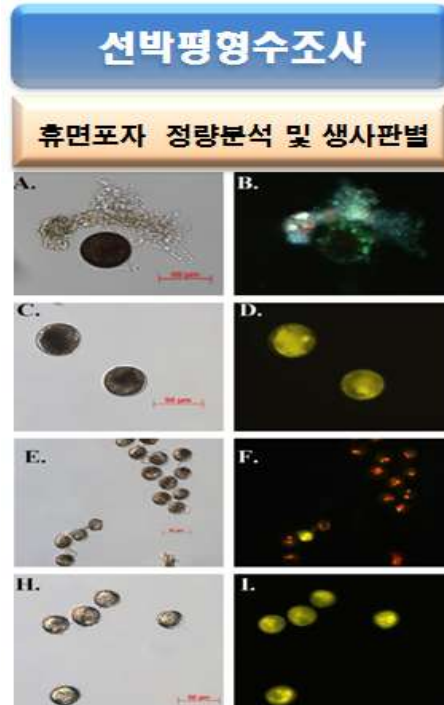
- 처리설비 장착 후 선박평형수 단계별로 검사 및 프로토콜의 정립

- 유해생물의 종 특이성을 고려한 정량분석법 개발 (FISH법: Fluorescence *in situ* hybridization)
- Flow CAM을 이용한 실시간 검사법 개발



[유해생물을 정량적분석을 위한 FISH법과 Flow CAM에 의한 실시간 모니터링]

- 선박평형수내 유해유독생물 정량 분석 및 생사판별
- 유해 유독 생물 씨앗종의 정량분석
- 유해 유독 생물 씨앗종 생물생사판별법 개발



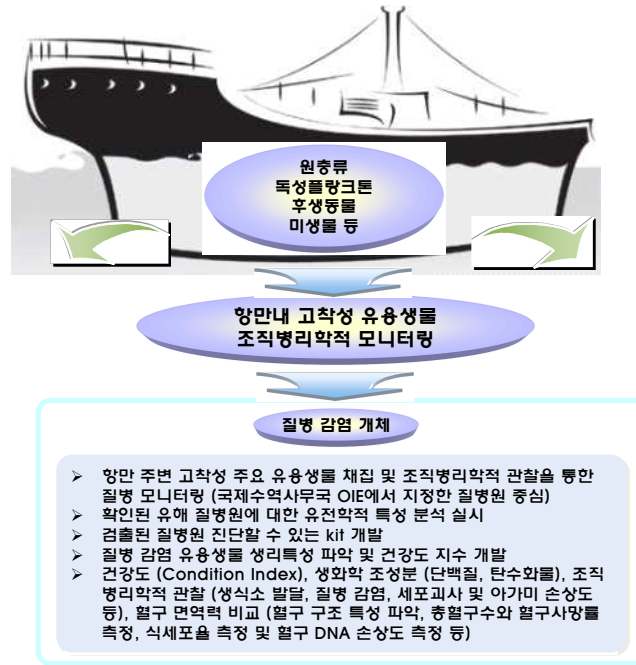
[선박평형수내 생물 정량분석 및 생사판별]

4.1.1.3 선박평형수 탱크 내 퇴적물 서식 중형저서동물 특성파악

- 선박평형수 탱크에서 해수 배출 후 남아있는 퇴적물 시료를 채집하여 중형저서동물 군집구조 파악
- 중형저서동물 분류군 중 주로 우점하여 나타나고 환경변화에 내성이 강한 선충류를 분류하여 종 동정을 통한 이들의 생태적 특성에 관한 조사.
- 탱크 내 퇴적물의 환경특성을 파악하여 환경요소와 중형저서동물 군집과의 관계를 파악

4.1.1.4 선박평형수 및 항만내 감염 저서생물 분포 파악, 동정 및 생리특성 관찰

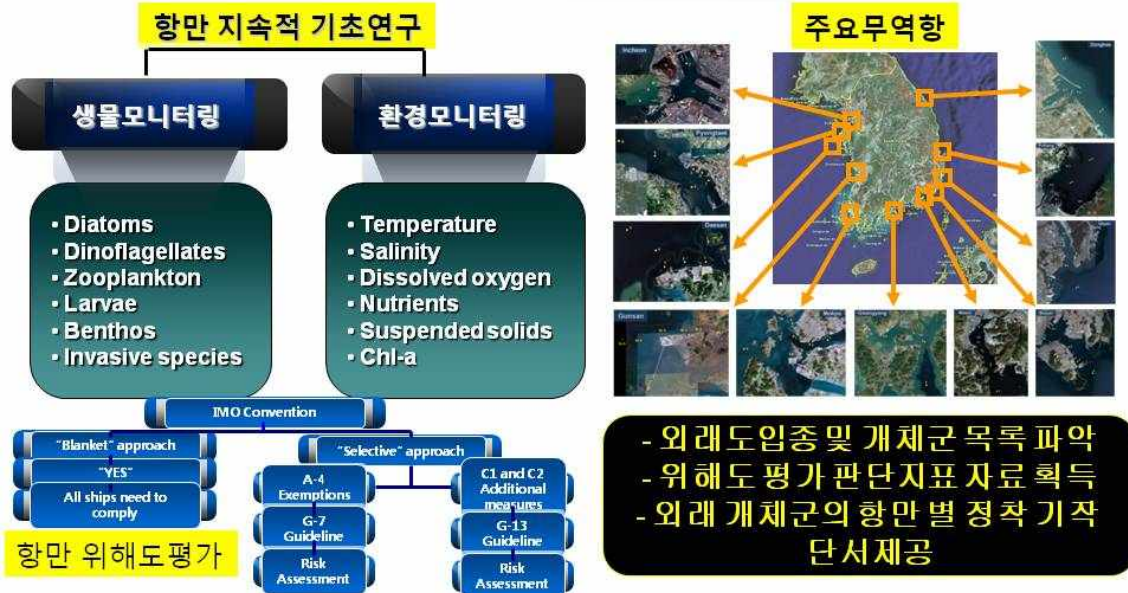
- 항만 주변 고착성 주요 유용생물 채집 및 조직병리학적 관찰을 통한 질병 모니터링 (국제수역사무국 OIE에서 지정한 질병원 중심)
- 확인된 유해 질병원에 대한 유전학적 특성 분석 실시
- 검출된 질병원 진단할 수 있는 kit 개발
- 질병 감염 유용생물 생리특성 파악 및 건강도 지수 개발
- 건강도 (condition index), 생화학 조성분 (단백질, 탄수화물), 조직병리학적 관찰 (생식소발달, 세포괴사, 아가미 손상도 등)
- 혈구 구조 특성 파악 (혈구 수, 혈구사망률, 식세포율 및 혈구 DNA 손상도 측정)



4.1.2 수용지역의 영향평가 (수용, 영향)

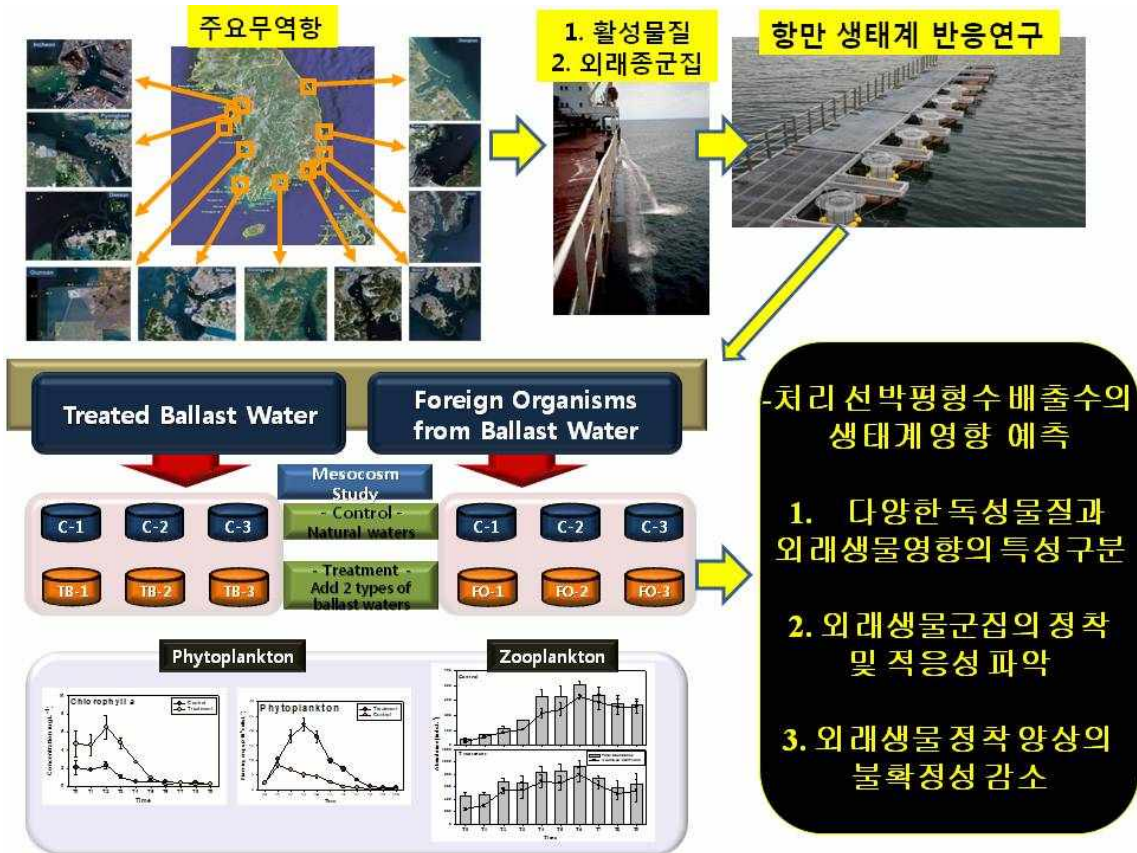
4.1.2.1 항만 내 고유생태계 교란 및 환경 변동성 연구

- 선박평형수 처리수의 지속적인 대용량 배출에 의한 영향평가,
 - ① 주요 무역항 별 주요 이화학적 요인 특성 변이여부 평가
 - ② 주요 항만별 부산물 정성, 정량적 평가 및 누적여부 평가
 - ③ 주요 항만별 핵심 생물군 선정 및 부산물 누적성과의 상관성 평가
 - ④ 주요 항만별 처리수 경유 씨앗생물(포자 및 휴면란)의 생존 및 번성 평가
 - ⑤ 주요 항만별 배출처리수 용량 대비 환경/생물의 영향 평가
- 선박평형수 처리면제 선박의 위해성 평가 프로그램 개발을 위한 항만기초 연속 조사
 - ① 주요 항만별 환경 유사도 분석을 위한 항목 연속조사
 - ② 주요 항만별 종 특이 위해도 평가를 위한 핵심 생물군 판별 및 목록화
 - ③ 잠재적 위해종, 외래종, 씨앗생물 기인 외래종 목록 작성
 - ④ 위해종의 상습 번성가능 항만 특성별 카테고리화



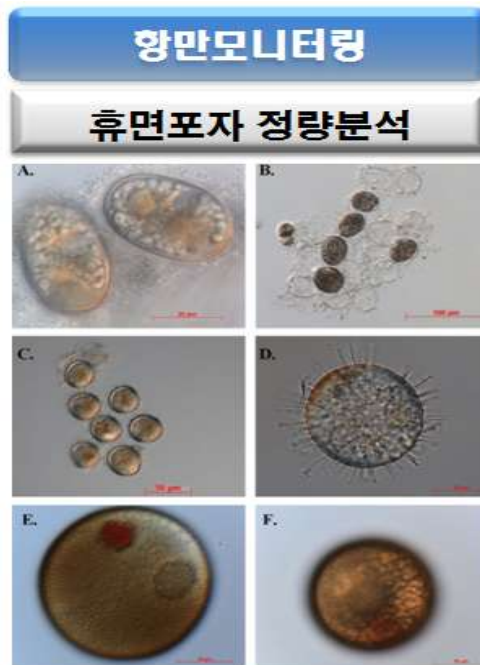
4.1.2.2 중형폐쇄생태계를 이용한 배출수의 영향 연구

- 처리배출수 내 씨앗종 및 생존가능 외래생물의 항만 생태계 내 영향평가
 - 항로별 운항 선박평형수 처리배출수에 존재하는 씨앗종 및 생존가능 생물의 발아 및 재성장 가능성을 항만 환경을 모사한 중형폐쇄생태계에서 확인하고, 항만 생태계 구성성분과의 상호작용(순화 혹은 경쟁)을 파악하여 궁극적으로 영향을 평가
- 처리장치적용 기술특성 별 부산물 항만 생태계 누적영향평가
 - 다양한 처리 장치에 적용된 기술에 따른 활성물질 및 부산물의 중화 후 배출된 처리수의 장기간 노출이 항만 생태계에 미칠 수 있는 누적영향을 평가



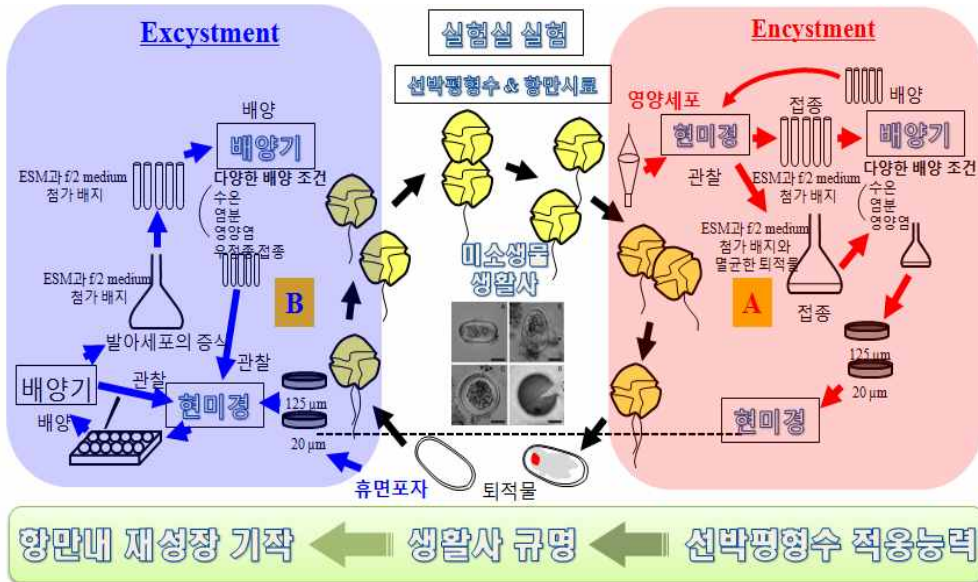
4.1.2.3 유해유독생물 씨앗종의 항만환경 적응능력 및 항만 분포도

- 항만내 유해유독 생물 씨앗종 분포도 조사
- 항만내 유해유독 생물 씨앗 종(Seed population; cyst, eggs)의 분포 현황



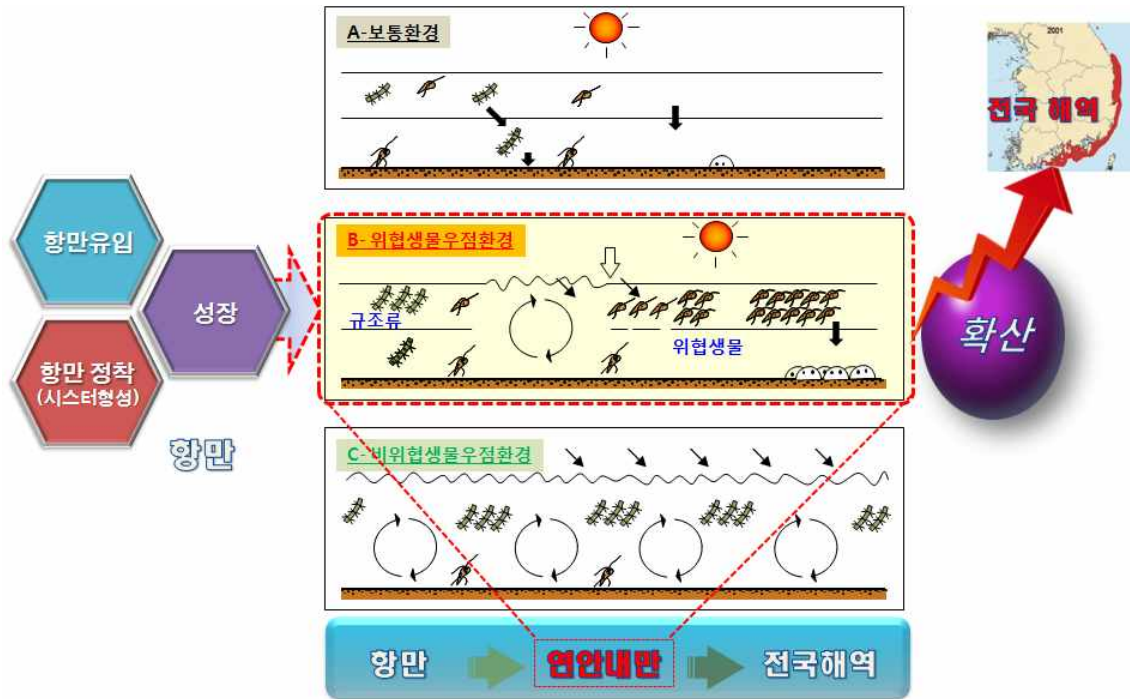
[항만내 유해 유독 생물 씨앗종의 정량 및 분포]

- 항만내 씨앗종의 재발아 특성 및 생물 적응능력 조사
- 항만내 유해유독 생물 씨앗 종(Seed population; cyst, eggs)의 재발아 특성 및 발아 환경조건 파악



[유해 유독 생물 씨앗종의 정량조사 및 생태학적 환경 특성규명]

- 전국 주요 무역항을 대상으로 번식체 압력원(유해 유독생물의 씨앗 종)에 대한 발아 특성을 규명하여 항만-연안-전국해역으로의 확산방지 대책마련



[유해유독 생물의 항만 정착, 연안 대증식, 전국 확산 기작]

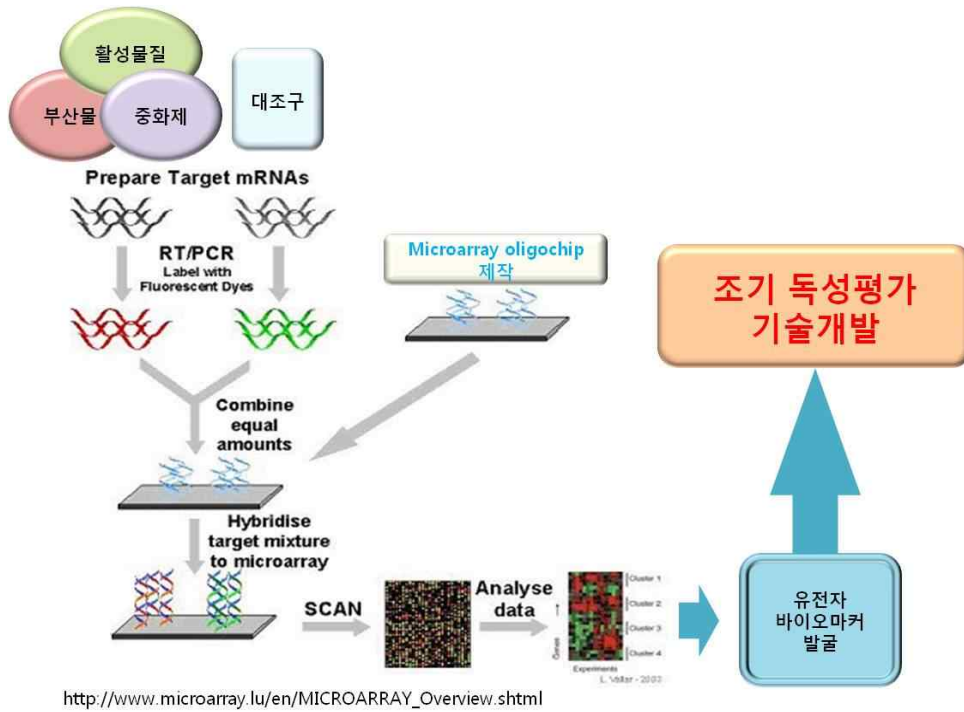
4.1.2.4 생태독성평가를 통한 항만 내 장기 생태모니터링

- 항만 또는 인접 해양환경 및 생태계 목표지향적 모니터링 기술 개발
- 선박평형수의 취수 또는 배출이 이뤄지는 해역의 해양환경 및 생태계에 대한 목표지향적인 장기모니터링 방안의 구축
- 주요 항만 주변 해양환경과 선박평형수 처리시스템에 따른 수질, 생태계 및 생태독성영향 조사
- 시스템을 이용해 처리된 선박평형수의 배출시 잔류할 수 있는 활성물질과 부산물의 장기적 생태영향에 근거한 기준 마련
- 해양환경으로 유입되는 처리된 선박평형수 처리시스템 또는 선박유형별 유입량 모니터링
- 항만 또는 인접 해양환경 및 생태계 목표지향적 모니터링 기술 개발
- 선박평형수 처리시스템 특성에 맞는 기준 적용을 위한 평가 방법의 표준화 및 시험법 개발



[배출지역 장기 생태모니터링]

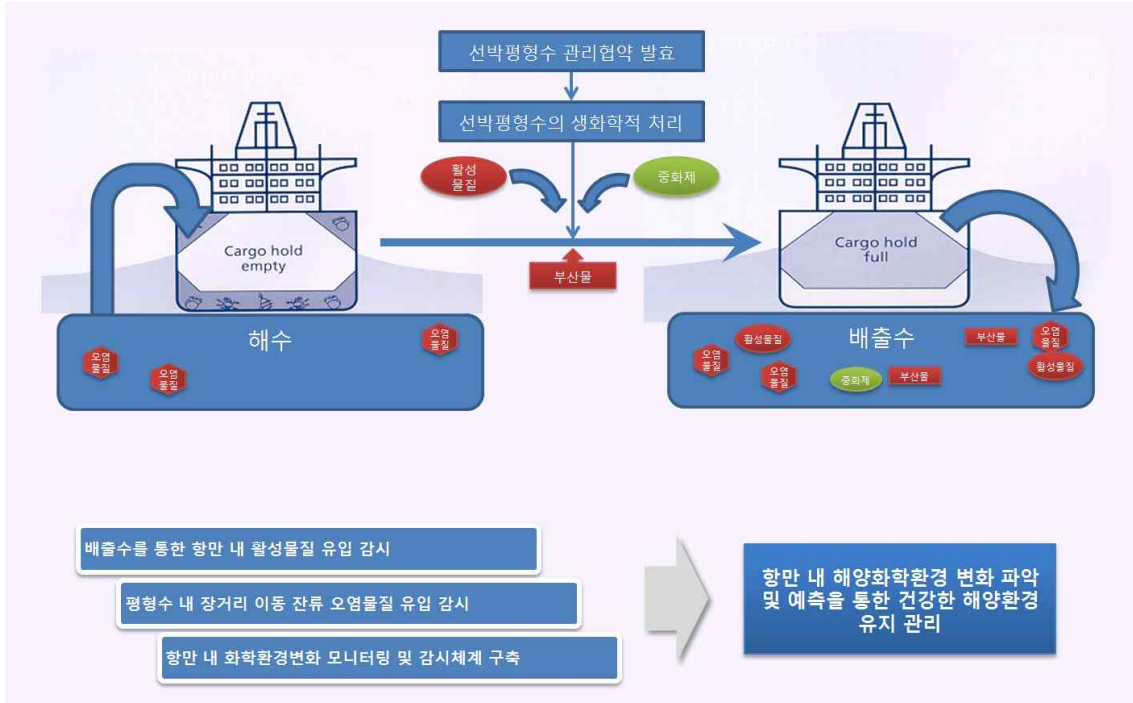
- 처리배출수 부산물 및 중화제의 환경생태영향 모니터링을 위한 분자생물학적 조기 생태독성평가 기술개발
- 분자생태독성평가에 적합한 모델실험해양생물의 선정 및 Pyrosequencing 방법을 이용한 발현유전체정보 확보
- 유해성이 높은 활성물질, 부산물질 및 중화제의 선별 및 다양한 물리·화학적 환경과의 복합적 영향조사
- 유전자정보를 이용한 oligochip 제작
- OligoChip을 이용한 선별된 활성물질, 부산물질 및 중화제에 반응하는 특이적 유전자 바이오마커의 확보 및 특이적 유전자의 기능 검증
- 바이오마커 유전자의 발현양상을 이용한 조기 생태독성평가 기술 개발



[Microarray 기술을 이용한 조기독성평가기술개발 개념도]

4.1.2.5 처리배출수 유입에 따른 해양화학환경 변화파악

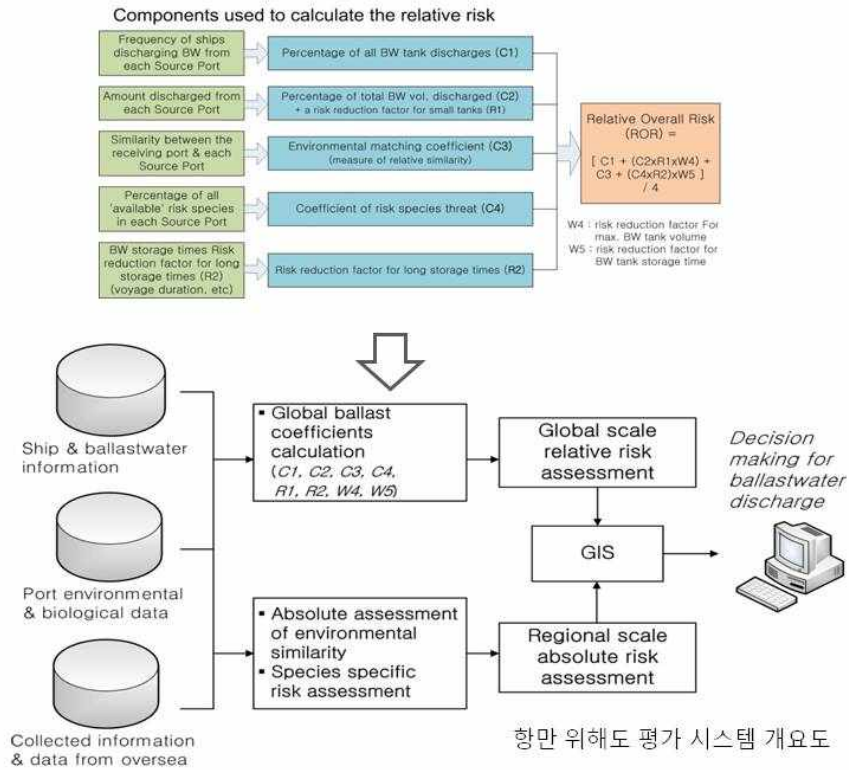
- 배출수를 통해 항만 내로 유입되는 잔류 활성물질, 부산물 및 중화제 성분 유입 감시
- 생화학적, 전기화학적으로 평형수를 처리함에 따라 발생할 수 있는 해수 내 화학물질 조성변화 및 생성 유해물질 탐색
- 해수 자체 내에 포함되어 평형수 배출을 통해 이동·유입될 수 있는 장거리 이동 잔류오염물질의 유입을 감시하며, 출항 해역별, 국가별 감시를 통해 유해오염물질의 이동 및 기원, 잠재오염원선박 파악
- 배출수 유입에 따른 항만 내 화학환경 모니터링 실시 및 상시 감시 체계 구축을 통해 화학환경변화를 감시하고 화학환경변화에 따른 항만 내 해양환경영향 평가 및 예측



4.1.3 선박평형수 배출 영향예측 및 배출관리 연구 (예측, 관리)

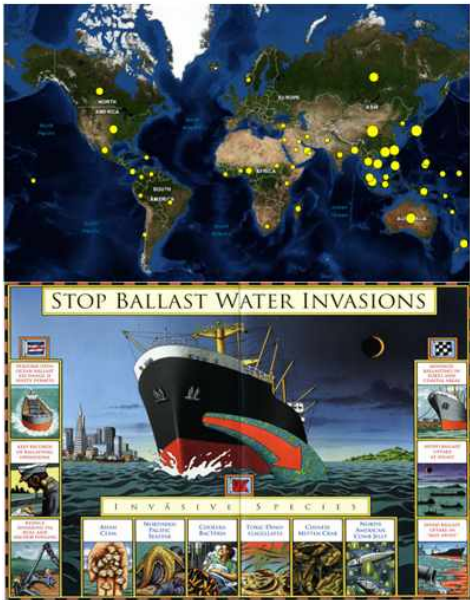
4.1.3.1 항만 위해도 평가 시스템 구축 (G7 가이드라인 근거)

- 글로벌 스케일 선박평형수 위해도 평가 프로그램 개발
 - 전 세계 무역항을 대상으로 선박평형수의 상대적 위해도를 평가하는 방법으로, IMO의 Globallast 프로그램(2005)에서 제안한 바 있음
 - 상대적 위해도 평가 점수에 사용되는 주요 계수는 다음과 같이, 선박평형수 관련정보(C1, C2), 환경유사도(C3), 생물종 위해성(C4) 등을 구성 됨
- 지역적 스케일 선박평형수 위해도 평가 프로그램 개발
 - 지역규모(항해, 동국중해, 동해 등)내 항만 간 선박평형수의 위해도 평가를 위해서는 상대적 평가 방법인 글로벌 스케일 방법이 적당치 않음
 - 따라서 환경유사도와 종 위해성을 중심으로 항만 간 절대 평가할 수 있는 알고리즘의 개발이 필요함
- 선박평형수의 위해도를 평가를 위한 DB구축 및 WebGIS 시스템 개발
 - 선박평형수의 위해도를 평가하기 위한 항만 및 선박평형수 모니터링 자료의 체계적인 DB구축을 수행 함
 - 글로벌 스케일과 지역적 스케일의 위해도 평가를 위한 평가 업무 설계 및 WebGIS 개발

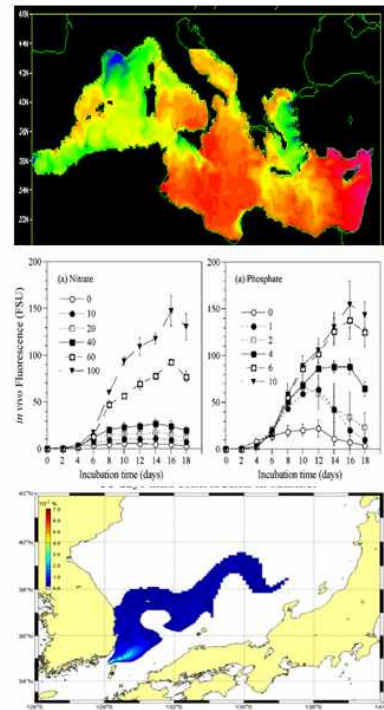


4.1.3.2 선박평형수 영향 예측 모델 개발

- 해수 유동모델을 이용한 항만내 해수순환 특성 분석을 통한 선박평형수 배출 유형에 따른 확산 범위 및 영향 평가
- 수질 모델을 이용한 항만내 영양염 및 생물 분포 및 특성 분석을 통한 선박평형수 유입에 따른 항만내 생물 성장 영향 및 영양염 총량에 대한 항만 수용 능력 평가
- 유해성 물질 거동 모델을 이용한 항만내 용존성 및 입자성 유해물질 분포 및 특성 분석을 통한 선박평형수 유입에 따른 항만내 독성 영향 및 오염물질 총량에 대한 항만 수용 능력 평가

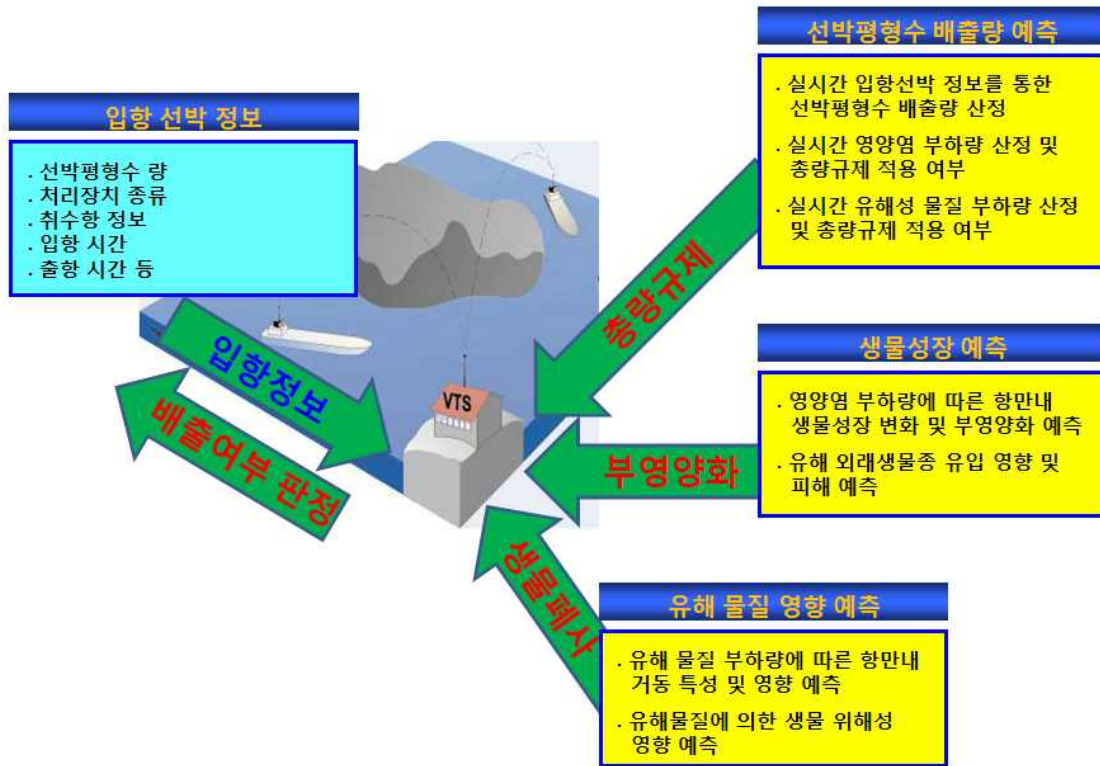


배출 특성
외래생물
유해물질



4.1.3.3 항만 환경 수용능력을 고려한 선박평형수 배출관리 연구

- 실시간 입항선박 정보를 통한 선박평형수 배출량, 영양염 및 유해물질 부하량 산정 및 항만내 배출수 영향을 고려한 총량규제 적용 여부 및 선박평형수 배출 관리
- 항만내 선박평형수 배출에 따른 영양염 유입에 의한 생물 증식 및 유해 외래생물종 대량 번식 예측을 통한 효과적인 대응
- 항만내 선박평형수 배출에 따른 유해물질 유입에 따른 유해 물질 거동 특성 및 환경 피해 영향 예측을 통한 항만 환경 보호 및 관리



4.2 선박평형수 감시 장치 개발

4.2.1. 선박평형수/항만의 미생물 및 미세조류상 검출 칩 개발

- 선박평형수/항만 내 박테리아 종 구성 변화 분자모니터링 연구
 - 1차년도:
 - 선박평형수/항만의 박테리아 정보 수집
 - 선박평형수 시료 및 주요 항만의 계절별 시료 채취
 - 박테리아 유전자 정보 검출 특이 PCR Primer 검색 및 제작
 - 박테리아 metagenomic library 제작 및 대규모 염기서열 분석
 - 2차년도:
 - 선박평형수 시료 및 주요 항만의 계절별 시료 채취
 - 박테리아 유전자 정보 검출 특이 PCR Primer 검색 및 제작
 - 박테리아 metagenomic library 제작 및 대규모 염기서열 분석
 - 3차년도:
 - 박테리아 주요종 선별 및 클러스터 분석
 - 종 특이적 유전자 부위 추출 및 효용성 검증
 - 선박평형수/항만의 출현 박테리아 군집 변화 제시

- 선박평형수/항만 내 미세조류 종 구성 변화 분자모니터링 연구
 - 1차년도: 선박평형수/항만의 미세조류 정보 수집
선박평형수 시료 및 주요 항만의 계절별 시료 채취
미세조류 유전자 정보 검출 특이 PCR Primer 검색 및 제작
미세조류 metagenomic library 제작 및 대규모 염기서열 분석
 - 2차년도: 선박평형수 시료 및 주요 항만의 계절별 시료 채취
미세조류 유전자 정보 검출 특이 PCR Primer 검색 및 제작
미세조류 metagenomic library 제작 및 대규모 염기서열 분석
 - 3차년도: 미세조류 주요종 선별 및 클러스터 분석
종 특이적 유전자 부위 추출 및 효용성 검증
선박평형수/항만의 출현 미세조류 군집 변화 제시

- 선박평형수/항만 내 바이러스 종 구성 변화 분자 모니터링 연구
 - 1차년도: 선박평형수/항만의 바이러스 정보 수집
선박평형수 시료 및 주요 항만의 계절별 시료 채취
바이러스 유전자 정보 검출 특이 PCR Primer 검색 및 제작
바이러스 metagenomic library 제작 및 대규모 염기서열 분석
 - 2차년도: 선박평형수 시료 및 주요 항만의 계절별 시료 채취
바이러스 유전자 정보 검출 특이 PCR Primer 검색 및 제작
바이러스 metagenomic library 제작 및 대규모 염기서열 분석
 - 3차년도: 바이러스 주요종 선별 및 클러스터 분석
종 특이적 유전자 부위 추출 및 효용성 검증
선박평형수/항만의 출현 미세조류 군집 변화 제시

- 주요 미생물 및 미세조류 생체정보를 이용한 모니터링 유전자 칩 개발
 - 2차년도: 주요 해양 미생물/미세조류 선별 및 특이 염기서열 추출
특이 유전자 단편 탑재한 DNA microarray 제작 및 검증
 - 3차년도: 주요 해양 미생물/미세조류 선별 및 특이 염기서열 추출
신규 대상종 추가한 DNA microarray 제작 및 검증
 - 4차년도: 생물 군집 변화 연구 DNA microarray 활용성 제고
실시간 정량 PCR kit 개발 및 적용성 검증

규제대상 바이러스 후보 선별

- 5차년도: 선박평형수/항만 미생물/미세조류 모니터링 표준 시험법 제시

4.2.1. 선박평형수/항만의 규제 대상 미생물 및 미세조류 검출 현장검사 (Point Of Care Test) 키트 개발

- 규제 대상 박테리아 (바이러스포함) 특이 유전자/단백질 정보 발굴 연구

- 1차년도: 규제 대상 박테리아 유전자 정보 검색 및 배양계 확립
차세대염기서열 분석기법에 의한 대량 유전자정보 발굴
- 2차년도: 대상종 확정 및 특이 유전자/단백질 선정
특이 단백질 생산을 위한 재조합 유전자 개발
특이 단백질 대량 생산 및 단일클론항체 제작
- 3차년도: 특이 단백질 생산을 위한 재조합 유전자 개발
특이 단백질 대량 생산 및 단일클론항체 제작

- 규제 대상 미세조류 특이 유전자/단백질 정보 발굴 연구

- 1차년도: 규제 대상 미세조류 유전자 정보 검색 및 배양계 확립
차세대염기서열 분석기법에 의한 대량 유전자정보 발굴
- 2차년도: 대상종 확정 및 특이 유전자/단백질 선정
특이 단백질 생산을 위한 재조합 유전자 개발
특이 단백질 대량 생산 및 단일클론항체 제작
- 3차년도: 특이 단백질 생산을 위한 재조합 유전자 개발
특이 단백질 대량 생산 및 단일클론항체 제작

- 발굴된 박테리아/미세조류 유전자/단백질 정보 센싱 기술 개발

- 3차년도: ○ 마이크로어레이 칩 개발
 - 미생물 및 미세조류 유전자에 대한 검출 민감도 최적화
 - ELISA 및 Rapid kit 개발
 - 나노파티클에 대한 항체 tagging
 - 종 특이적 양성 반응 항체 확보
- 4차년도: ○ 마이크로어레이 칩 개발
 - 선박평형수/항만 내 규제 생물 검출 칩 시제품 제작

- ELISA 및 Rapid kit 개발
 - ELISA kit 개발을 위한 항체 combination 최적화: 1ng/ml 이하
 - Intra & Inter CV: 10% 이하
 - Rapid 진단 kit 개발을 위한 항체 combination 최적화: 10ng/ml 이하
- 5차년도: ○ 규제 대상 생물 신속 검출 ELISA 및 Rapid kit 개발
 - ELISA kit 시제품 제작
 - Rapid kit 시제품 제작
- 규제 대상 생물 검출 바이오센서 및 휴대판독 장치 개발
- 항체가 코팅된 자성 나노물질체를 이용한 생물 진단용 디바이스 개발

4.2.3. 휴대용 선박평형수 자동 시료 채취 장치 개발

- 선박평형수 시료 채취 및 여과 시스템 개발
- 선박평형수 시료의 농축 방법 개발
- 시료의 채취 및 여과 시스템 소형화 연구
- 시료내의 유전자/단백질 정제 랩칩 (Lab-on-a-chip) 장치 개발



5 추진 전략 및 체계

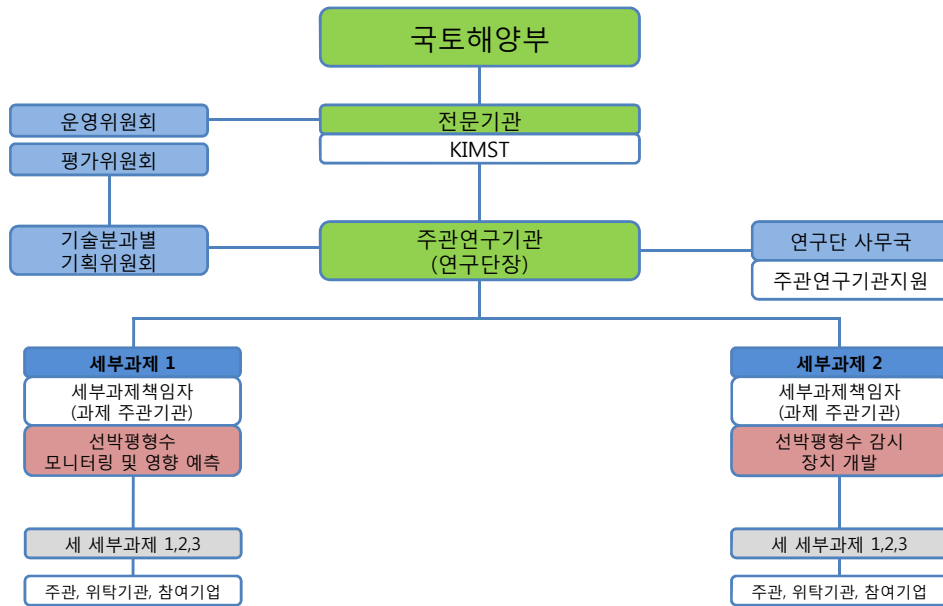
5.1 연구개발 로드맵

□ 연구/개발 로드맵

선박평형수 통합관리 기술 개발 로드맵						
		1차년	2차년	3차년	4차년	5차년
핵심연구 기술개발	선박평형수 모니터링 및 영향 예 측	선박평형수 탱크 환경기인 생물영향 연구 (가입, 모니터링)		수용지역의 영향 평가 (수용, 영향)		선박평형수 배출 영향예측 및 배출관리 연구 (예측, 관리)
	선박평형수 감시 장치 개발	선박평형수/항만의 미생물 및 미세조류상 검출 칩 개발		선박평형수/항만 내 박테리아/미세조류/바이러스 종 구성 변화 분자모니터링 연구		주요 미생물 및 미세조류 생체정보를 이용한 모니터링 유전자 칩 개발
		선박평형수/항만의 규제대상 미생물 및 미세조류 검출 현장검 사 (Point Of Care Test) 키트 개발		규제 대상 박테리아 (바이러스 포함) 특히 유전자/단백질 정보 발굴 연구		발굴된 박테리아/미세조류 유전자/단백질 정보 센싱 기술 개발
		휴대용 선박평형수 자동 시료 채취 장치 개발		선박평형수 시료의 농축 방법 개발		시료내의 유전자/단백질 정제 랩칩 (Lab-on-a-chip) 장치 개발
		선박평형수 시료 채취 및 여과 시스템 개발		휴대용 선박평형수 자동 시료 채취 장치 개발		시료의 채취 및 여과 시스템 소형화 연구

5.2 연구개발 추진체계

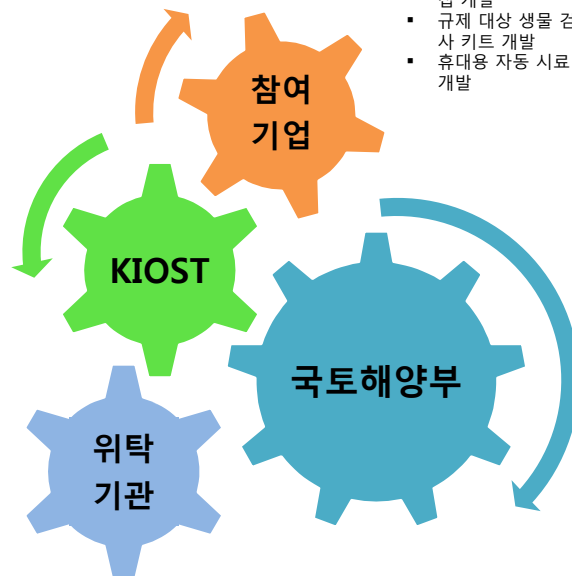
□ 연구개발 추진 체계



□ 민관산학연 업무 연계 및 협력 방안

- 선박평형수 통합관리기술 개발 전략 수립**
- 위해도평가 실시 및 운영
 - 선박평형수정보시스템 구축 및 운영
 - 원천/전략기술 개발
 - 평형수 교육훈련 시스템 구축

- 민산학 핵심기술 활용**
- 연구 근접지원
 - 평형수 교육분야 협력
 - 선박평형수최적화기술 협력
 - 기준 및 지침서개발 참여



선박평형수 감시 장치 개발

- 미생물 및 미세조류상 검출 칩 개발
- 규제 대상 생물 검출 현장 검사 키트 개발
- 휴대용 자동 시료 채취 장치 개발

국토해양부 주도 하에 R&D 사업 추진

- 선박평형수 통합관리기술에 대한 강점 확보
- 전략개발상품의 실용화/상용화 개념에서 R&D 전략 수립 필요
- KIOST, 참여기업, 위탁기관과 긴밀한 협조 체계 구축

5.3 소요 예산

□ 연구기간

○ 1-5차년도 (2014년-2018년)

□ 핵심연구목표별 소요 예산

단위: 억원

	핵심연구/개발 분야	1차년	2차년	3차년	4차년	5차년	합계
선박평형수 모니터링 및 영향 예측	선박평형수 탱크 환경기인 생물영향 연구	6	6	6	6	6	30
	수용지역의 영향 평가	7	7	7	7	7	35
	선박평형수 배출 영향예측 및 배출관리 연구	3	4	6	6	6	25
선박평형수/ 항만의 미생물 및 미세조류 검출 장치 개발	선박평형수/항만의 미생물 및 미세조류상 검출 칩 개발	10	15	15	15	10	65
	선박평형수/항만의 규제 대상 미생물 및 미세조류 검출 현장검사 키트 개발	15	20	20	20	15	90
	휴대용 선박평형수 자동 시료 채취 장치 개발	5	10	10	10	10	45
소계		46	62	64	64	54	290

6 경제적 효과 및 사업화 방안

6.1 선박평형수 통합관리 R&D 사업에 대한 경제성 분석

6.1.1 경제적 타당성 분석

- 기초·기반연구개발 활동은 특성에 따라 경제·사회적 파급효과가 매우 다양하게 발생
 - 파급효과는 범위와 확보 가능한 정보의 정확도에 따라 추산할 수 있는 한계와 신뢰도가 변화함
 - 본 연구에서는 기초·기반연구개발 투자가 사회적 편익으로 연결되는 과정에 대한 연구결과를 적용하고, 사업에 대한 시장예측을 통한 연구개발 실용화를 적용하여 경제성을 분석하는 방법을 활용함

- 경제성 분석을 위한 가정
 - 총 5년간 지원하는 사업으로 고려하고, 편익 발생 기간은 2019년에서 2028년까지 총 10년으로 가정함
 - 본 연구에서는 분석상의 위험을 피하기 위해 한국개발연구원(KDI)의 사회적 할인율¹⁾ 적용 지침인 5.5% 수준을 준용하여 현재가치(Present Value)로 전환

가. 비용추정

- 본 연구와 관련하여 발생하는 비용은 연구기간 동안의 연구·개발 비용으로 구성
 - 선박평형수 모니터링 및 영향 예측
 - 선박평형수 탱크 환경기인 생물영향 연구
 - 수용지역의 영향 평가
 - 선박평형수 배출 영향예측 및 배출관리 연구
 - 선박평형수/항만의 미생물 및 미세조류검출 장치 개발
 - 선박평형수/항만의 미생물 및 미세조류검출 칩 개발
 - 선박평형수/항만의 규제대상 미생물 및 미세조류검출 현장검사 키트 개발
 - 휴대용 선박평형수 자동시료 채취 장치 개발

1) 한국개발연구원, 2008, 2008년 하반기 예비타당성조사 착수회의 지침

< 선박평형수 통합관리기술 개발사업의 연구개발 비용>

(단위: 억원)

	핵심연구/개발 분야	1차년	2차년	3차년	4차년	5차년	합계
선박평형수 모니터링 및 영향 예측	선박평형수 탱크 환경기인 생물영향 연구	6	6	6	6	6	30
	수용지역의 영향 평가	7	7	7	7	7	35
	선박평형수 배출 영향예측 및 배출관리 연구	3	4	6	6	6	25
선박평형수/ 항만의 미생물 및 미세조류 검출 장치 개발	선박평형수/항만의 미생물 및 미세조류상 검출 칩 개발	10	15	15	15	10	65
	선박평형수/항만의 규제 대상 미생물 및 미세조류 검출 현장검사 키트 개발	15	20	20	20	15	90
	휴대용 선박평형수 자동 시료 채취 장치 개발	5	10	10	10	10	45
소계		46	62	64	64	54	290

나. 기초·기반연구 편익 추정

- 미국의 경우 기초·기반연구의 사회적 수익률을 최대 28%로 추산하고 있는데 이는 대학의 연구 활동이 산업화에 미치는 영향을 계량화한 사회적 수익률의 추정치로 학계 및 연구에서 많이 이용되고 있음
- 기초·기반연구 투자에 대한 사회적 편익을 이자율의 개념으로 환산하는 과정을 거치는 과정에서 기술을 통한 편익 발생시점까지의 지연기관과 편익이 발생하는 기간에 대한 설정이 이루어짐
- 가정된 활용기간 동안 발생한 사회적 편익을 t 연도 기준으로 현재 가치화하여 합산 할 수 있는데, 이 때 투자와 편익의 합계를 통일하게 하는 이자율을 사회적 수익률로 정의
- 특정연도의 기초연구투자 C 가 연간 사회적 편익 X 로 연결될 때 사회적 수익률과의 관계는 다음의 식(1)과 같이 표현됨
- 식 (1)에서 i 가 기초연구투자에 대한 사회적 수익률

$$C = X \times \left[\frac{1}{(1+i)^7} + \frac{1}{(1+i)^8} + \dots + \frac{1}{(1+i)^{14}} \right] \quad \text{식(1)}$$

C : 특정연도의 기초연구 투자

X : 이 투자로부터 발생하는 사회적 편익

- 기초·기반연구 투자비 추정을 위해 식(1)을 i 에 대해 풀려면, C 와 X 값이 필요
 - Mansfield(1991)²⁾는 OECD 자료 등을 활용하여 OECD 국가의 기초연구투자비를 추산하여 이를 C 의 값으로 활용
 - 발표한 논문의 결과에는 지연기간은 7년³⁾, 편익의 발생기간은 8년으로 가정하였음
 - 기초연구가 이루어지지 않았다면 혁신의 실현이 불가능 했던 사례를 대상으로 기초연구가 초래한 공정 및 상품혁신의 효과를 계량화하는 방식을 적용하여 기초연구의 사회적 수익률을 5%~28%로 제시⁴⁾
 - 주목해야 할 점은 경제성 분석 수행 시에는 유무검정을 통한 분석을 수행하는 것이 원칙이지만 기술 파급효과와 특수성을 고려하여 기초연구가 없었으면 개발될 수 없었던 제품뿐만 아니라 기초연구의 결과가 기여한 제품까지를 고려하였다는 것임

- 본 연구의 선박평형수 모니터링 및 영향 예측 기술개발 사업이 목표로 하고 있는 기초·기반연구 사업의 역할과 기능을 감안하여 Mansfield(1991)의 연구를 적용하여 편익을 추정
 - 해양분야 사업 중 기초·기반연구 결과를 필요조건으로 설립되는 경우가 4%였다는 것을 고려하면 해양분야의 사회적 수익률은 1.81 ~10.08%로 판단할 수 있음
 - 해양분야 사업 중 기초·기반연구 결과를 필요조건으로 설립되는 경우가 4%였다는 것을 고려하면 해양분야의 사회적 수익률은 1.81 ~10.08%로 판단할 수 있음
 - 세계 최고 기술을 갖춘 기업들을 대상으로 산출해 낸 상기 수치를 국내 연구개발에 직접 적용하기에는 무리가 있다고 판단하여 기술선도국과 한국의 연구활동 수준을 고려하여 보수적인 조절을 추구⁵⁾
 - KISTEP이 2006년 8월에 발표한 기술수준평가보고서에 따르면, 나노·고기능성 소

2) Mansfield, E(1991)의 연구를 토대로 작성

3) 전계 논문에서 1975년에서 1985년 자료를 이용하였을 때 지연기간은 산업 평균 7.0년이었으나 1986년에서 1994년 자료를 이용하여 개선 발표한 자료에 의하면 6.2년으로 단축되었으며, 동 사업에 대한 분석은 기존의 자료를 사용함

4) 전계 논문에서 기초연구로부터 도움을 받아 개발된 부분의 50%를 인정하고 신제품의 사용자가 얻는 편익까지 고려하였을 때, 28%의 사회적 수익률이 산출됨. 기초연구가 수행되지 않은 경우 개발될 수 없을 제품만을 고려하면 사회적 수익률은 23%로 낮아지며 여기에 시제품의 사용자 수혜편익까지 제외시키면 5%로 낮아진다고 발표함

5) KISTEP(2007)의 연구를 바탕으로 보수적인 계상을 함

재기술 수준인 69.1%를 적용하여 정부 출연(연)의 연구개발을 통한 사회적 수익률을 7.04%로 가정하였음

- 기초·기반연구개발 투자로 인한 사회적 편익의 흐름 X 는 연구개발된 시점과 7년의 시간적 간격을 갖고 8년에 걸쳐서 발생하게 되므로 다음과 같은 식(2)를 구할 수 있음

$$X_i = \frac{C_i}{\sum_{i=7}^{14} \left[\frac{1}{(1+i_i)^t} \right]} \quad \text{식(2)}$$

- 매년 X 씩 8년간 발생하는 편익을 투자시점으로 현재 가치화하면 투자 시점에서의 연구개발로 인한 편익과 비용의 비율을 산출할 수 있음

$$X_n = X_i \sum_{i=7}^{14} \frac{1}{(1+r)^t} \quad r = 0.055\% \quad \text{식(3)}$$

- 분석결과
 - 본 연구의 선박평형수 모니터링 및 영향 예측 기술개발로 인해 발생하는 기초·기반연구 편익은 전술한 바와 같이 7년의 시간적 간격을 갖고 8년에 걸쳐 발생하게 되며, 사업이 진행되는 5년간 예상되는 편익규모는 총 63억원으로 추정됨

< 선박평형수 통합관리기술 개발사업의 기초·기반연구 편익 >

(단위: 억원)

연차	연도	기초·기반연구 편익
1년차	2014	10
2년차	2015	13
3년차	2016	14
4년차	2017	14
5년차	2018	12
합계		63

다. 연구개발 실용화 편익 추정

- 연구개발 실용화의 편익추정 방법은 경제적 편익이 기술수명주기기간 동안에만 발생하는 것으로 가정하고 현재 KISTEP R&D 예비타당성조사에서 적용되고 있는 편익 산정식을 적용하여 식(4)와 같은 식을 구할 수 있음

$$\text{경제적 편익} = \text{시장규모}^6) \times \text{시장점유율}(\%)^7) \times \text{부가가치율}(\%)^8) \\ \times \text{R\&D 기여도}(\%)^9) \times \text{사업기여도}(\%)^{10)} \times \text{사업화성공률}(\%)^{11)} \quad \text{식(4)}$$

□ 분석결과

- 본 연구의 선박평형수/항만의 미생물 및 미세조류 검출장치 개발로 인해 발생하는 연구개발 실용화 편익은 시장규모에 시장점유율, 부가가치율, R&D 기여도, 사업기여도, 사업화 성공률의 요소를 곱하여 산정되었으며, 사업완료 후 10년간 연구개발 실용화로 창출되는 편익은 총 953억원으로 추정

< 선박평형수 통합관리기술 개발사업의 연구개발 실용화 편익>

(단위: 억원)

연차	연도	연구개발 실용화 편익
1년차	2019	95
2년차	2020	95
3년차	2021	95
4년차	2022	95
5년차	2023	95
6년차	2024	95
7년차	2025	95
8년차	2026	95
9년차	2027	95
10년차	2028	95
합계		953

- 6) 감시장치 시장 45억US\$(4.8조원)의 50% 이상 점유를 보수적인 관점에서 50%로 가정함
- 7) 본 연구에서는 시장점유율을 보수적인 관점에서 30%로 가정함
- 8) 한국은행에서 가장 최근에 발표한 2010년 산업연관표 상에서 선박평형수 통합관리기술 개발사업 부문을 정의한 후, 해당 부문의 부가가치율을 추정한 35.79%를 산정함
- 9) 편익의 과대추정을 방지하기 위해 현재 국가 예비타당성조사에서 한국과학기술평가원(KISTEP)의 지침상의 R&D기여도 10.9% 또는 28.1%를 적용하는데, 신기술 개발이라는 관점과 여러 예비타당성조사 사례를 참고하여 본 연구에서는 28.1%를 적용함
- 10) 본 연구에서는 사업기여도를 정확하게 파악하기는 매우 어려우므로 여러 예비타당성조사 사례를 참고하여 15%로 가정함
- 11) 한국산업기술진흥원에서 집계한 결과(2005년~2009년에 종료한 1,381개 과제 중 621개가 사업화에 성공)와 한국산업기술평가관리원에 집계한 결과(2005~2009년에 종료한 1,079개 과제 중 578개가 사업화에 성공) 즉, 2개 기관의 총 과제 수 2,460개 대비 사업화에 성공한 과제는 1,199개이고, 기술개발 사업화 성공률은 48.74%로 이를 적용함

6.1.2 경제적 타당성 편익분석 종합

가. 비용분석 결과

- 2014~2018년까지 선박평형수 통합관리기술 개발사업의 연구개발 비용은 총 290억원이 소요되고, 향후 5년간 할인율 5.5%의 현재가치를 적용할 경우, 약 234억원으로 추정

나. 편익분석 결과

- 기초·기반연구개발 편익
 - 본 연구의 선박평형수 모니터링 및 영향 예측 기술개발로 인해 발생하는 연구개발 편익은 전술한 바와 같이 7년의 시간적 간격을 갖고 8년에 걸쳐 발생한다고 가정할 경우 5년간 총 63억원으로 추정되고, 사회적 할인율 5.5%의 현재가치를 적용할 경우 예상되는 편익규모는 총 51억원을 기대
- 연구개발 실용화 편익
 - 본 연구의 선박평형수/항만의 미생물 및 미세조류 검출장치 개발로 인해 발생하는 연구개발 실용화 편익은 시장규모에 시장점유율, 부가가치율, R&D기여도, 사업기여도, 사업화 성공률의 요소를 곱하여 산정되었으며, 사업완료 후 10년에 걸쳐 편익이 발생한다고 가정할 경우 10년간 총 953억원의 편익이 발생할 것으로 추정되고, 사회적 할인율 5.5%를 적용하면 10년간 연구개발 실용화로 창출되는 편익은 521억원으로 추정

< 선박평형수 통합관리기술 개발사업의 비용 및 편익 분석결과>

(단위: 억원, 2012년 기준)

연도	선박평형수 모니터링 및 영향 예측	선박평형수/항 만의 미생물 및 미세조류 검출장치 개발	총 비용	비용 현재가	기초· 기반 연구 개발 편익	연구 개발 실용화 편익	총 편익	편익 현재가	순편익	순편익 현재가
2014	16	30	46	41	10		10	9	-36	-32
2015	17	45	62	53	13		13	11	-49	-41
2016	19	45	64	52	14		14	11	-50	-40
2017	19	45	64	49	14		14	11	-50	-38
2018	19	35	54	39	12		12	9	-42	-31
2019						53	53	36	53	36
2020						53	53	34	53	34
2021						53	53	33	53	33
2022						53	53	31	53	31
2023						53	53	29	53	29
2024						53	53	28	53	28
2025						53	53	26	53	26
2026						53	53	25	53	25
2027						53	53	24	53	24
2028						53	53	22	53	22
합계	90	200	290	234	63	529	593	340	303	106

다. 비용-편익 분석(B/C 분석) 결과

□ 비용-편익 분석 결과

- 앞서 추정된 비용자료 및 편익자료를 이용하여 선박평형수 통합관리기술 개발사업 추진에 따른 예상 경제적 B/C 비율은 총 투자비용 290억원을 사회적 할인율 5.5%를 적용한 경우, 총 비용(Cost)이 234억원이 소요되며, 이에 따른 총 경제적 편익(Benefit)은 593억원을 사회적 할인율 5.5%를 적용할 경우, 총 편익 340억원이 발생하는 것으로 예상됨
- 그 결과, 순편익은 106억원이 발생하고, 편익:비용비율(B/C Ratio)은 1.45로 나타남

< 선박평형수 통합관리기술 개발사업의 경제성 분석 결과 요약 >

(단위: 억원)

구 분	경제적 편익(B)		비용 (C)	순편익 (B-C)	B/C 비율
	기초·기반 연구개발 편익	연구개발 실용화 편익			
합 계	51	289	234	106	1.45

6.1.3 경제적 파급효과 분석

가. 파급효과의 유형

- 2014~2018년까지 해양과기원 선박평형수 통합관리기술 개발사업에 필요한 총 투자비는 290억원으로 추정
- 해양과기원 선박평형수 통합관리기술 개발사업은 경제적 효과뿐만 아니라 사회적 환경의 개선 측면에서도 다양한 직·간접 효과를 가져다 줄 것으로 예상
- 해양과기원 선박평형수 통합관리기술 개발사업은 각종 인프라의 구축을 통해 국내외 기업의 창업 및 유치를 촉진하여 궁극적으로는 산업생산의 증대에 기여하기 위한 것이므로 기업의 투자환경 개선과 규제완화 등을 위한 사업이 추진되면서 다양한 경제적, 사회적 파급효과를 유발할 것임

나. 경제적 파급효과

1) 기본 가정 : 추진 예산

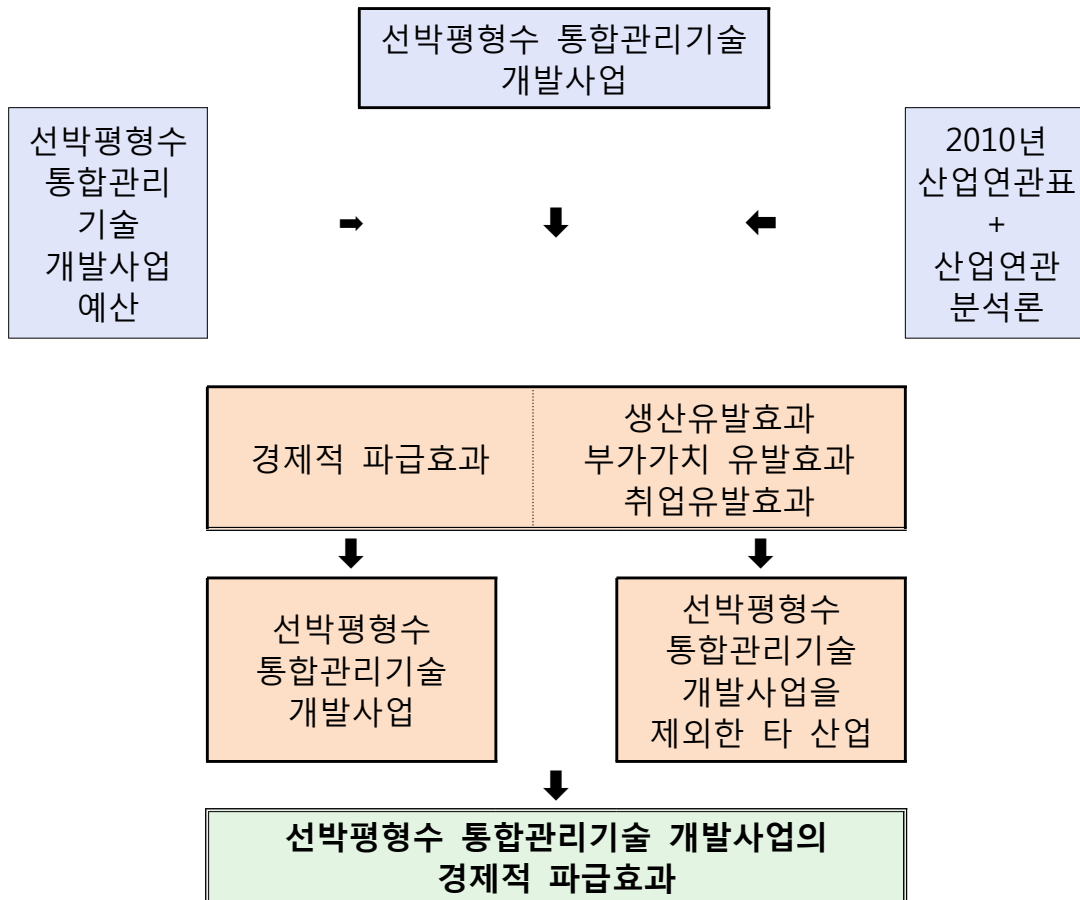
- 총 투입금액 290억원¹²⁾
- 사업에 소요되는 예산을 크게 2가지 연구로 구분할 수 있음
- 선박평형수 모니터링 및 영향 예측(90억원)과 선박평형수/항만의 미생물 및 미세조류 검출 장치 개발(200억원)

2) 경제적 파급효과 분석

12) 총 투입금액은 선박평형수 통합관리기술 개발사업으로 발생하는 연구 투자비용을 활용함

- 선박평형수 통합관리기술 개발사업의 전후방 경제적 파급효과를 계량화하기 위해서는 선박평형수 통합관리기술 개발사업뿐만 아니라 다른 모든 경제부문을 미시적으로 파악하면서도 거시적인 상호관계도 관찰할 수 있어야 하는데, 이를 위해서는 다양한 접근이 필요함

< 선박평형수 통합관리기술 개발사업의 경제적 파급효과 분석 흐름도 >



- 산업연관분석(Inter-industry analysis)을 이용하면 특정 부문의 변동이 생산, 고용, 소득 등 국민경제 미치는 각종 파급효과를 산업부문별로 나누어서 분석할 수 있기 때문에 특정 부문의 파급효과에 대한 사전적 예측이 가능하므로, 선박평형수 통합관리기술 개발사업의 경제적 파급효과를 분석하는 데 산업연관분석을 이용하였음
- 가장 최근(2012년)에 한국은행에서 발표된 2010년도 산업연관표를 이용하여 선박평형수 통합관리기술 개발사업 부문을 별도로 추계한 다음 산업파급효과를 추정하였으며, 2014년부터 2018년까지 10년동안 연구부문

에 투입될 총투자비 290억원에 대한 총 효과를 추정하였음

3) 분석결과

- 해양과기원 선박평형수 통합관리기술 개발사업의 총 투자비는 290억원이며, 이에 따른 사업의 경제적 생산유발액은 385억원으로, 투자금액에 대한 생산유발액 비율은 133%로 나타남

- 산업간 연쇄효과 분석결과
 - 모든 부문의 생산물에 대한 수요가 각각 한 단위씩 발생할 때, 중간재로 사용되는 선박평형수 통합관리기술 개발사업의 산출물 공급도 증가해야 하며, 이때 중간재 산업으로서 선박평형수 통합관리기술 개발사업이 받는 영향의 정도가 감응도 계수임
 - 감응도 계수로 파악할 수 있는 전방연쇄효과는 선박평형수 통합관리기술 개발사업의 산출물을 다른 산업생산의 원료로 파악하는 것인데, 일반적으로 한 산업의 제품이 각 산업부문에 중간재로 널리 사용되는 산업일수록 감응도 계수는 커짐
 - 선박평형수 통합관리기술 개발사업의 영향력 계수는 선박평형수 통합관리기술 개발사업의 최종수요가 한 단위 발생할 때 중간재로 사용되는 타 산업부문에 미치는 영향력을 의미
 - 영향력 계수로 파악할 수 있는 후방연쇄효과는 선박평형수 통합관리기술 개발사업의 산출물을 최종재로 보고 다른 산업의 산출물을 선박평형수 통합관리기술 개발사업에서의 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
 - 각 산업별 감응도 계수는 선박평형수 통합관리기술 개발사업 부문이 6.5332로 가장 크며, 화학제품과 도소매 부문이 각각 1.4523 및 1.3040으로 각각 2위 및 3위를 차지함
 - 감응도 계수가 1보다 크다는 것은 일반적인 경기가 활황일 때 선박평형수 통합관리기술 개발사업이 전반적으로 산업성장에 자극받는 정도가 크다는 것을 의미하는데, 즉 선박평형수 통합관리기술 개발사업은 경기변동에 영향을 받는 산업이라는 것을 의미하며, 최종 수요적 성격보다는 중간 수요적 성격을 가짐
 - 각 산업별 영향력 계수는 기타 부문이 1.4200으로 가장 높게 나타났으며, 금속제품 및 1차 금속제품 부문이 각각 1.2427 및 1.2032로 2위 및 3위를 차지하였으며, 선박평형수 통합관리기술 개발사업은 0.9510로 1보다 작게 나타났음

- 영향력 계수가 1보다 작다는 것은 선박평형수 통합관리기술 개발사업의 투자지출에 따른 경제적 파급효과, 즉 다른 산업을 견인하는 정도가 다른 부문보다 상대적으로 작다는 것을 의미함
- 따라서 선박평형수 통합관리기술 개발사업은 전방연쇄효과는 높고, 후방연쇄효과는 낮은 산업으로 중간수요적 기초산업형이라 할 수 있음¹³⁾

< 한국은행 대분류 기준 29개 산업의 감응도 계수와 영향력 계수 >

부문 번호	부문명	감응도 계수 (전방연쇄효과)		영향력 계수 (후방연쇄효과)	
		값	순위	값	순위
1	농림수산물	0.9334	8	0.9407	19
2	광산물	0.5424	27	0.8704	22
3	음식료품	1.0960	5	1.0683	9
4	섬유 및 가죽제품	0.8055	14	1.0282	13
5	목재 및 종이제품	0.9206	9	0.9518	17
6	인쇄 및 복제	0.5085	29	1.0344	12
7	석유 및 석탄제품	0.7976	15	0.5884	29
8	화학제품	1.4523	2	1.0185	14
9	비금속광물제품	0.5755	26	1.1038	7
10	제1차 금속제품	1.0803	6	1.2032	3
11	금속제품	0.8089	13	1.2427	2
12	일반기계	0.8511	12	1.1952	4
13	전기 및 전자기기	0.6984	17	0.9665	15
14	정밀기기	0.5776	25	1.0562	10
15	수송장비	0.8979	10	1.1553	5
16	기타제조업제품	0.5917	22	1.1242	6
17	전력, 가스 및 수도	0.5984	21	0.7456	28
18	건설	0.5783	24	1.0786	8
19	도소매	1.3040	3	0.8429	23
20	음식점 및 숙박	0.5839	23	1.0378	11
21	운수	0.6409	19	0.8011	24
22	통신 및 방송	0.6712	18	0.9387	20
23	금융 및 보험	0.7962	16	0.8720	21
24	부동산 및 사업서비스	1.1953	4	0.7837	27
25	공공행정 및 국방	0.5191	28	0.7851	26
26	교육 및 보건	0.6224	20	0.7983	25
27	사회 및 기타서비스	0.8550	11	0.9578	16
28	기타	0.9643	7	1.4200	1
29	선박평형수 통합관리기술 개발사업	6.5332	1	0.9510	18

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

□ 산업연관분석을 통한 경제적 파급효과

- 생산유발효과 분석결과 총 생산유발효과는 385.5억원 추정됨
 - 화학제품 11.3억원, 제1차금속제품 11.2억원, 도소매 10/8억원 수송장비 9.2억원 순으로 산업별 생산유발효과가 나타남
- 부가가치 유발효과 분석결과 총 부가가치 유발효과는 133.9억원으로 추정됨
 - 도소매 6.1억원, 부동산 및 사업서비스업 5.3억원, 수송장비 2.2억원, 화학제품 2.1억원 순으로 산업별 부가가치 유발효과가 나타남
- 취업유발효과 분석결과 총 취업유발효과는 200.3명으로 추정됨
 - 도소매 21.8명, 농림수산업 7.0명, 부동산 및 사업서비스업 6.5명, 사회 및 기타서비스 2.2명 순으로 산업별 취업유발효과가 나타남

< 선박평형수 통합관리기술 개발사업의 경제적 파급효과 >

부문 명칭	생산유발효과		부가가치 유발효과		취업유발효과	
	유발효과 (원)	억원	유발효과 (원)	억원	유발효과 (명/10억원)	명
농림수산물	0.0080	2.3	0.0042	1.2	0.2410	7.0
광산물	0.0011	0.3	0.0007	0.2	0.0035	0.1
음식료품	0.0154	4.5	0.0039	1.1	0.0454	1.3
섬유 및 가죽제품	0.0033	0.9	0.0010	0.3	0.0202	0.6
목재 및 종이제품	0.0090	2.6	0.0024	0.7	0.0332	1.0
인쇄, 출판 및 복제	0.0002	0.1	0.0001	0.0	0.0020	0.1
석유 및 석탄제품	0.0123	3.6	0.0008	0.2	0.0017	0.0
화학제품	0.0391	11.3	0.0073	2.1	0.0696	2.0
비금속광물제품	0.0036	1.0	0.0011	0.3	0.0110	0.3
제1차금속제품	0.0388	11.2	0.0060	1.7	0.0276	0.8
금속제품	0.0123	3.6	0.0040	1.2	0.0672	1.9
일반기계	0.0129	3.8	0.0033	1.0	0.0485	1.4
전기 및 전자기기	0.0090	2.6	0.0022	0.6	0.0172	0.5
정밀기기	0.0029	0.8	0.0008	0.2	0.0141	0.4
수송장비	0.0316	9.2	0.0075	2.2	0.0667	1.9
가구 및 기타제조업제품	0.0041	1.2	0.0012	0.4	0.0253	0.7
전력, 가스 및 수도	0.0011	0.3	0.0003	0.1	0.0010	0.0
건설	0.0056	1.6	0.0023	0.7	0.0476	1.4
도소매	0.0373	10.8	0.0210	6.1	0.7505	21.8
음식점 및 숙박	0.0016	0.5	0.0006	0.2	0.0329	1.0
운수 및 보관	0.0072	2.1	0.0018	0.5	0.0155	0.5
통신 및 방송	0.0016	0.5	0.0006	0.2	0.0050	0.1
금융 및 보험	0.0139	4.0	0.0070	2.0	0.0711	2.1
부동산 및 사업서비스	0.0289	8.4	0.0183	5.3	0.2258	6.5
공공행정 및 국방	0.0003	0.1	0.0002	0.0	0.0022	0.1
교육 및 보건	0.0043	1.3	0.0027	0.8	0.0627	1.8
사회 및 기타서비스	0.0049	1.4	0.0027	0.8	0.0742	2.2
기타	0.0188	5.4	0.0000	0.0	0.0000	0.0
합계	0.3292	95.5	0.1038	30.1	1.9829	57.5

< 선박평형수 통합관리기술 개발사업의 경제적 파급효과 종합결과 >

	자기 산업 효과	타 산업 효과	총 효과
	↓	↓	↓
생산 유발효과	1.0000원 290억원	0.3292원 95.5억원	1.3292원 385.5억원
	↕	↕	↕
부가가치 유발효과	0.3579원 103.8억원	0.1038원 30.1억원	0.4617원 133.9억원
	↕	↕	↕
취업 유발효과	10억원당 4.9254명 142.8명	10억원당 1.9829명 57.5명	10억원당 6.9083명 200.3명

6.2 기술개발 효과

가. 경제적 효과

□ 선박평형형수 모니터링 및 예측 분야

- 선박기인 외래해양생물 유입감시로 국가 생물자원 보호
- 외래기원 유해유독 생물 관리 체계 구축은 한반도 고유자생 해양생물자원의 보존과 효과적 관리 및 유효활용에 기여
- 선박평형수로 인한 저서생물 질병 감염 시, 수산자원의 경제적 손실에 따른 국가적 정책 수립 및 사회경제적 영향 이해 증진.
- 새로운 패러다임 조건을 고려한 생태계 위해성 평가기법 개발로 손실가능한 생태경제학적 가치 보전가능
- 조기생태영향평가기술을 이용한 환경오염 조기방지 및 배출해역에 대한 환경생태영향 사전감시를 통한 수산 및 해양자원손실 방지
- 국내외 배출수 처리시스템 관련 해양환경평가 분야 산업화 선도
- 향후 선박평형수 처리장치의 환경친화적인 성능향상의 기초자료를 제공함으로써 항만 및 인접 연안해양생태계 보호 및 기술인프라 수출 가능
- 항만 위해도 평가 프로그램 개발로 선박평형수 배출에 관한 과학적이고 신속한 의사결정 지원이 가능함

□선박평형형수 감시 장치 기술개발 분야

1) 시장창출 효과

- 현장에서 해수 유해생물에 대한 진단키트의 개발로 인해 내수 뿐만 아니라 개발도상국에 대한 수출이 가능함으로써 새로운 시장을 창출 할 수 있음

2) 수입대체효과

- 기존의 RT-PCR 및 ELISA 방법 등에 이용되는 일부 키트는 수입에 의존하고 있음. 따라서 본 연구과제의 성공적 개발 시, 수입에 의존하던 실험키트를 대체할 수 있음

3) 수출증대효과

- 현재까지 해수 유해생물에 대한 정확한 가이드라인이 정해져 있지 않음. 따라서 본 연구과제로 인해 해수 유해생물에 대한 가이드라인이 정해지고 이에대한 진단 기술을 확보할 경우 후발 주자들에 비해 기술력 및 진단키트 시장을 선점함으로써 해외에 수출이 가능하게 되고 이로 인해 막대한 경제적 이익을 창출할 수 있음
- 또한 최적화된 시료 채취 장치 및 전처리 기술개발을 통한 선박평형수 모니터링 제품 세계

시장 선점 가능성

나. 기술적 효과

□선박평형형수 모니터링 및 예측 분야

- 선박평형수 샘플링의 표준화 제시 및 외래생물의 종 동정 기술 확보
- 국내 생물다양성의 지속적 보전을 위한 환경 기술적 기반 자료 확보
- 유해 유독종의 이동 및 확산을 사전에 방지하고 관리하기 위한 분자마커(FISH법)의 개발은 실시간 선박평형수 검사체계 구축 및 프로토콜 정립에 기여함
- 선박평형수를 이용한 질병 감염 모니터링 기술 개발
- 모니터링 기술을 이용하여 처리수 배출해역에 대한 환경생태영향 감시
- 중형폐쇄생태계를 이용한 생태계 위해성 평가 신기술 개발 및 확보
- 선박평형수 배출수의 누적영향평가를 통한 항만환경관리 방안의 구체적 증거 제시
- 조기평가기술 개발로 인한 해양생태계 안전성 확보
- 국내 업체의 친환경적 처리시스템 개발 유도를 통한 경쟁력 확보
- 항만 내 해양화학환경 변화 파악 및 예측을 통하여 건강한 항만 해양환경 유지 관리
- 활성물질, 중화제 등 유해물질의 해양환경 내 미량분석 기술 및 신속 검출 기술 개발에 기여
- 실용적이고 표준적인 종 위해도 평가기법의 개발
- 항만 위해도 평가 프로그램 개발을 통해 항만환경 유사도 평가 기법의 국제적인 인증이 기대됨

□선박평형형수 감시 장치 기술개발 분야

○ 해당기술의 향상

- 기존에는 연구실에서나 가능하던 해수 유해 생물의 진단방법을 현장에서 정확히 진단 가능하게 함으로써 진단 기술의 향상을 통해 보다 신속하고 편하게 진단할 수 있으며, IMO 등 국제기구에서의 한국의 입지를 향상시킬 수 있음

다. 활용계획

□선박평형형수 모니터링 및 예측 분야

- 선박기인 외래생물의 생태계 위해성 평가 및 유입 감시시스템 구축의 자료로 활

용

- 유해유독 생물의 씨앗종의 항만관리 프로그램 구축을 바탕으로 IMO 협약 안건 게재 및 정부당국과 관련 전문가들간의 Working Group을 구성하여 선박평형수에 의한 생태계 교란기작의 이해함과 아울러 해양외래 생물의 유입종의 제거와 환경 복원에 기여함
- 선박평형수의 통합적 관리 체계 구축은 우리나라의 물류수송을 원활하게 하고, 국가적 위상 제고에 기여함
- 중형폐쇄생태계를 이용한 생태계 위해성평가 기술개발로 새로운 패러다임 하에서의 항만 관리의 새로운 기준을 제시하고, 또 다른 형태의 환경훼손을 미연에 방지할 수 있도록 함.
- 선박평형수 배출수의 누적영향을 주요생물군의 구조와 이화학적 요인을 통해 항만생태계 안정성 평가
- 고착성 유용생물 질병감염이 높은 지역의 경우, 선박평형수 사용 가이드라인 제시
- 청정 해양생태계 유지를 위한 강화된 배출기준 마련기대
- 모니터링 기술을 이용하여 처리수 배출해역에 대한 특별 관리 실시
- 해양화학환경 변화 연구결과는 활성물질 및 유해물질의 국내 배출기준 및 항만내 농도기준 설정을 위한 근거로 활용
- 해양화학환경 변화 연구결과는 배출수역 수질 제어를 위한 배출 규제 및 오염물질 배출 총량제를 통한 추가적 배출 규제 및 제어를 위한 근거 제공
- 항만 위해도 평가방법의 표준체계 수립 및 국제표준 제시
- 항만 위해도 평가 프로그램은 선박평형수 배출에 관한 의사결정지원에 기여함

□선박평형수 감시 장치 기술개발 분야

- 선박 평형수에 포함된 미생물 및 미세조류 검출에 적용이 가능한 나노물질을 이용하여, 다양한 질환에 대한 적용이 가능하며, 이러한 기술을 바탕으로 환경 분야 및 의학 분야로의 접목이 용이 할 것임
- 물류 유통과 관련된 해양 선박의 경우, 빠르게 검출 및 대처가 가능해야 하므로, 이에 적합한 기술은 나노 기술임을 확인 할 수 있을 것이며, 해양 산업에서 표준화된 검사 방법으로 정확한 정보를 얻을 수 있게 할 것임
- 인체에 유해한 물질에 관련 마커를 이용한 시료 진단 기술의 확립을 통해 기존의 진단 시장에 새로운 패러다임을 제시 할 수 있을 것이며, 이를 통한 산업화의 기틀을 마련 할 것으로 기대됨
- 산학연 연계를 통한 원천기술 및 상용화기술 개발을 통한 고급 인력 양성
- 국제협력을 통하여 개발된 선박평형수 모니터링 기술, 장치 수출 및 인력의 해외 진출

6.3 사업화 방안

□ 실용화 상품의 성공적인 개발 수행

- 선박평형수 유입, 통제기술의 사업화를 통해 선박평형수협약 준수이행 확인을 위한 해양 국가사업의 예산을 절감하고, 미래 해양 건설 강국의 기반 구축이 목적이므로 개발 상품이 사업화를 위한 시제품이 되어야 함.
 - 연구기간 중 매년 핵심 모듈을 제작하고, 이를 현장에서 검증실험을 통해 신뢰성 및 현장성 확보.
 - 연구개발 기간 동안 매년 산업화 가능성이 높은 시제품 개발 및 시험시공을 수행하여 최종 성과물 개발에 활용함.
- 테스트베드를 통한 **체계적 현장 검증실험 수행**
 - 감시장치 개발이 진행되면, 세부핵심모듈에 대한 검증실험뿐만 아니라 전체 시스템에 대한 현장검증실험을 통해 기술에 대한 성능을 분석하고 필요시 수정·보완 작업이 진행되어야 함.
 - 검증실험은 실내실험 단계, 현장 예비시험 단계, 실해역 현장 조건에 대한 본시험 등으로 구분할 수 있으며, 각 단계에 따라 나타나는 문제점 및 보완사항을 해결하고 궁극적으로 사업화/상용화에 이를 수 있도록 진행함.
- 기존의 해상도 낮은 감시장비와 달리 종 특이성을 구분하는 감시장치개발은 각 국가의 자국 해양생태계를 지키기 위한 핵심기술로 성공시 수요가 클 것으로 예상 됨.

□ 실용화 기업의 참여를 적극적으로 유치

- 전략개발상품의 상용화, 사업화의 목적에서 상품의 적용 분야 및 개발내용에 적합한 참여기업이 요구됨.
- 연구의 기획, 추진 및 실용화를 성공적으로 달성하기 위하여 산업계 전문 인력의 적극적인 연구 참여를 유도하기 위한 인센티브 추진.
 - 특히, 중소기업의 경우 본 사업을 통해서 얻은 기술이 신기술 등을 지정 받도록 적극 지원하여야 하며 권리배분 계획도 협약시 명확히 함.
- 개발기술의 데이터베이스화를 통해서 참여연구자를 포함한 관련 산업분야에 활용할 수 있는 온라인 정보시스템을 구축하고 활용함.
- 개발된 기술은 선박 및 항만 통제관 작업뿐만 아니라 해양생태계 변화 진단에도 활용이 가능하며, 감시대상의 지속적인 변화에 때문에 시장 규모 및 진보성이 상당하다 할 수 있음.
 - 따라서 일반 기업의 적극적인 참여가 예상되며, 또한 사업 성공 후 참여

기업에 대한 기술 실시 계약이 활발하게 이루어질 것으로 기대됨.

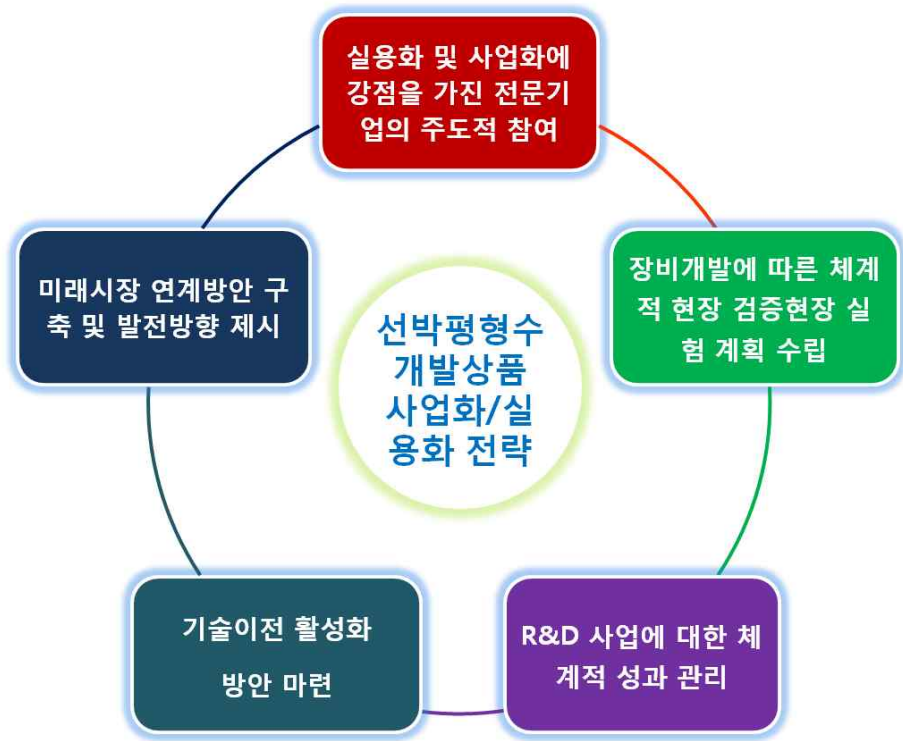
- 선박평형수처리기술의 시장성을 고려하면, 기술선점의 파급력이 큰 분야
이므로 참여기업의 수급이 원활할 것으로 예상됨
- 본 과제의 수행과정에서 배출될 인력은 참여기업에 취업될 확률이 높으므로 참여
에 대한 인센티브로 작용할 것임
- 위탁연구 중심이 아닌 공동연구로 참여기업을 참가시켜 지적소유권을 공동 또는
단독 소유가 가능하도록 함

□ 국제 협력 추진

- 선박평형수는 국경없이 이동하기 때문에 국제협력 및 기술(결과)교류가 무엇보다
중요함.
 - 국제해사기구에서 본 연구의 중요성 과 사업성을 전파함.
 - 개발될 기술이 국제표준화 혹은 국제해사기구에서 인정받을 수 있도록
관련 의제 개발 및 발표
 - 향후 해외사업 진출을 위한 국외 연구기관과의 인적 네트워크 구축
- 핵심기술에 대한 국외 전문기술 벤치마킹을 실시한 후 해외 전문기관과의 MOU
체결을 통한 공동연구 추진
- 본 사업의 성과는 개발된 기술의 국외 수출로 이어져야하는 바 개발된 기술의 신
뢰도를 높이기 위해 국외 전문기관의 검증 및 인증 과정 필요

□ R&D 사업에 대한 성과 관리 전략 수립

- R&D 사업에 대한 단계(중간) 평가를 통한 인센티브 및 패널티 제도 활용
- 세부연구 단위의 체계적인 진도 관리 수행
 - 년차/단계별 활동에 의거한 목표 관리
 - 사전 수요 예측 등을 통한 유연한 목표관리 체계
- 연구(기술)정보 공유를 통한 시너지 효과 창출
 - 정기적 내부 기술교류를 통한 상호 정보 교환 및 보완
 - 정기 워크숍 및 세미나 수행을 통한 과제간 기술 교류



[사업화 및 실용화 방안]