

연구과제명	부산 연근해 400kW급 이하의 선박엔진용 유중수적형(water in oil type) 유화연료 제조시스템을 활용한 블랙카본(미세먼지) 저감 시스템 개발		
연구기간	2020년 3월 ~ 2021년 12월(1년10개월)		
연구비	총 연구비 72,000천원(연간 36,000천원) (참여기업부담금 : 현금 11,000천원, 현물 11,000천원)		
과제분류	연구분야 및 세부연구분야		
	하폐수 처리	상수도 및 정수	수질관리
<input type="checkbox"/> 정책연구 <input type="checkbox"/> 조사연구 <input type="checkbox"/> 기술개발연구 <input checked="" type="checkbox"/> 산학연연구	<input type="checkbox"/> 물리화학적 처리 <input type="checkbox"/> 생물학적 처리 <input type="checkbox"/> 막처리 및 재이용 <input type="checkbox"/> 하수처리 시스템 <input type="checkbox"/> 질소 및 인 제거 <input type="checkbox"/> 하폐수 처리 기타 <input type="checkbox"/> 축산폐수 처리	<input type="checkbox"/> 막분리 <input type="checkbox"/> 정수처리 및 수질관리 <input type="checkbox"/> 고도정수처리 <input type="checkbox"/> 상수관망	<input type="checkbox"/> 수질 오염 <input type="checkbox"/> 수질 모델 <input type="checkbox"/> 수질관리기타
	자연환경분야	폐기물관리	대기관리
	<input type="checkbox"/> 환경정책 <input type="checkbox"/> 생활환경 <input type="checkbox"/> 건강위해성 <input type="checkbox"/> 생태관리 <input type="checkbox"/> 환경오염사고대비 <input type="checkbox"/> 소음관리 <input type="checkbox"/> 청정기술개발	<input type="checkbox"/> 매립 및 침출수 처리 <input type="checkbox"/> 슬러지 처리 <input type="checkbox"/> 소각 및 열분해 <input type="checkbox"/> 재활용 및 자원화 <input type="checkbox"/> 음식물 쓰레기 처리 <input type="checkbox"/> 폐기물 관리 기타	<input type="checkbox"/> 대기오염측정 및 관리 <input type="checkbox"/> 대기오염모델링,위해도 <input checked="" type="checkbox"/> 대기오염 처리기술 <input type="checkbox"/> VOCs 및 악취 처리
	토양지하수오염	기타환경분야	기후변화대응분야
	<input type="checkbox"/> 오염토양처리관리 <input type="checkbox"/> 폐광토양오염,지하수처리 <input type="checkbox"/> 지하수 환경관리	<input type="checkbox"/> 기타	<input type="checkbox"/> 온실가스배출량산정 <input type="checkbox"/> 온실가스배출량감축연구 <input type="checkbox"/> 배출권거래 <input type="checkbox"/> 기타
연구의 목적 및 필요성	○ 연구의 배경 및 필요성 - (공기 질 수준 심각) 최근 우리나라의 공기 질 수준이 전 세계 180개국 가운데 173위이며, 특히 초미세먼지 농도는 세계 8위라는 충격적인 연구 결과가 보고되었고, 미세먼지 이슈는 향후 국내에서 예측되는 사안이 아닌 현재 나타나고 있는 현상임 ※ 출처 : EPI, 2016 - (미세먼지 유해성) 미세먼지는 세계보건기구(WHO)에서 지정하고 있는 1급 발암물질로, 장기간 노출되었을 경우 면역력 저하에 따른 감기, 천식, 기관지염 등의 호흡기 질환은 물론 심혈관질환, 피부질환, 안구질환 등 각종 질병을 야기함. 또한 1차 미세먼지는 주로 분진 및 배출되는 탄소입자(carbon, soot)에 기인하고, 2차 미세먼지는 배출된 NH3, NOx, SOx, organics가 대기 중에서 광화학적 반응을 통하여 입자를 형성되며, 이를 저감하기 위한 기술개발이 필수임		

연구의 목적 및
필요성
(계속)

- (항만지역 대기오염) 대기오염으로 인한 조기사망자 수는 내륙지역 보다 부산시와 같은 항만지역이 더욱 높게 나타나고 있으며, 국내 항만도시의 SOx, NOx, PM의 주요 배출원은 선박인 것으로 확인되었으며, 인근 연안 소형 선박에서 배출되는 질소산화물과 입자상물질(PM; Particulate material)을 저감할 수 있는 배기 저감 시스템 개발이 필요함.
- 대형 트럭 등에 적용되어 있는 DPF 및 SCR 시스템은 인근 연안의 소형 선박에 적용하기에는 설치 공간이 부족하며, 시스템의 운용 및 유지보수 등이 매우 원활하지 않는 상황임.
- 에멀전(Oil-in-Water) 연료의 연소를 통하여 1차적인 오염원인 PM의 발생을 저감하고 에멀전에 포함된 물의 증발로 인하여 증발잠열로 인하여 연소실의 연소온도가 낮아지고 물의 증발로 인하여 연료 액적의 미립화 촉진을 통하여 연소 기간이 단축됨에 따라 Soot 생성이 낮아짐.

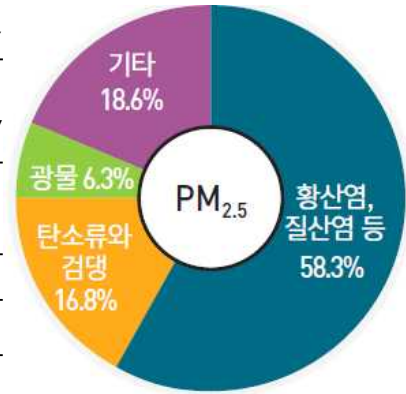


그림 1 미세먼지 구성 성분
(출처: J. Beronjol, B, 70 (2014) 322)



그림 2 선박기인 항만 미세먼지의 심각성

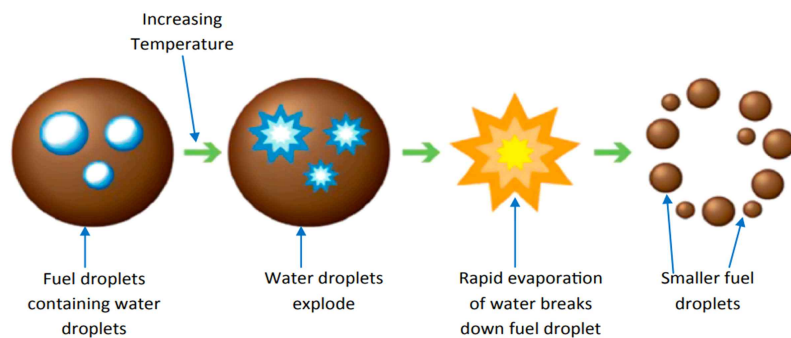




그림 3 에멀전 연료에 포함된 수분을 통한 연료의 미립화 촉진

○ 연구의 목적

- 기후 변화를 극복하기 위한 핵심 수단으로 선박의 운항중 발생하는 유해, 오염물질의 제거 및 규제 확대에 따른 대응기술 필요.
- 선박으로부터 배출되는 오염 물질은 선박 건조 시 발생하는 오염물질, 운항 시 발생하는 대기오염물질·수중오염물질, 선박폐선 시 발생하는 오염물질 등 많은 양의 오염이 발생

연구의 목적 및
필요성
(계속)

- (항만지역 대기오염) 대기오염으로 인한 조기사망자 수는 내륙지역 보다 항만지역이 더욱 높게 나타나고 있으며, 국내 항만도시의 SOx, NOx, PM의 주요 배출원은 선박인 것으로 확인됨.
- 중질유 (Heavy Fuel oil; HFO)를 사용하는 선박 중형 엔진의 전후에 장착되어 엔진에서 배출되는 배출가스인 NOx와 Soot (Black carbon) 성분을 저감시켜 IMO 배출가스 규제에 만족시키고 있으나 Black carbon에 대한 규제를 만족할 수 있는 장치개발이 필요함.
- 국내외 선행연구 및 기술 동향
 - 국내 기술개발 현황
 - * 국내의 디젤-워터 에멀전 연료에 대한 연구는 드물게 진행되었으며, 아직 기초적인 실험단계에 머물고 있다. 또한, 신기술의 접목이라기보다는 기존의 제조방식을 이용하여 연료를 제작한 기초 성능 실험에 머물러 있는 실정이다.
 - * 부산대에서 2000년 한국연소학회지에 유화연료 단일액적의 특성에 대한 실험적 연구를 발표하였다. 연구자들은 이 논문을 통하여 단일액적의 증발 및 연소거동을 관찰하였으며, 미세 물 액적의 크기와 분포는 증발형태에 영향을 미치고 미소폭발을 발생시킨다고 결론지었다. 또한, 함수율은 폭발의 강도에 영향을 준다고 설명하였으며, 이러한 현상들에 가장 큰 영향을 주는 인자는 분위기 온도와 점도로 판단된다고 보고하였다.
 - 국외 기술개발 현황
 - * 미국의 경우 A55사가 D55라는 상품명으로 디젤 증장비에 유화연료를 제조하여 판매를 하였으나, 미국의 법이 연료에 들어가는 첨가제에도 즉 물에도 석유세를 부과할 수 있게 하여서 사업이 확장이 안되고 사양화 되고 있음
 - * 프랑스의 경우 ELF Aquitan 사에서 Aquazol이라는 상품명으로 디젤 에멀전 연료를 제조하여 리옹시의 시내버스에 적용하고 있음
 - * 스웨덴의 Chalmers university of technology)는 2006년에 Advances in Colloid and Interface Science지에 투고한 리뷰논문에서 디젤-워터 에멀전 연료와 그에 관계된 시스템들에 관한 논문을 선보였다. 그들은 이 연구를 통하여 디젤-워터 에멀전의 기본적인 사항에 대하여 구체적으로 설명하였으며, PM과 NOx의 동시 저감 효과와 연소효율 및 미소폭발에 관하여 고찰하였다. CO2의 저감에는 어느 정도 한계가 있었으나 NOx와 PM의 동시 저감효과는 각각 30%, 60% 정도로서 잠재력이 좋은 연료로 사료된다고 결론지었다. 연구에 사용된 에멀전 연료는 약 15% 물이 함유된 연료이며, 아직 에멀전 연료의 안정성에 관해 전문적으로 다룬 논문은 없었다고 보고 됨.

<p>연구의 목적 및 필요성 (계속)</p>	<p>* 일본 Sojo university)에서는 2011년에 JSAE에 발표한 연구 논문을 통하여 디젤-워터 에멀전 연료를 단기통 디젤엔진에 적용하였다. 그들은 에멀전 연료의 연료소모량과 NOx의 배출량에 초점을 맞추고 실험을 진행</p> <p>- 정부 정책 및 향후 방향</p> <p>* 국제해사기구(IMO), 국제선급연합(IACS) 등 국제기구에서는 선박의 대기오염물질 및 온실가스 배출 등의 안전·환경규제를 강화하고 있으며, 정부에서도 2020년 청정 조선해양시대를 이끄는 글로벌 리더를 목표로 선박의 CO₂/NOx/SOx/BC 등 배출가스, 물질 제어기술 등 친환경 선박 핵심기술의 육성을 강조하고 있으며, 이에 따라 향후 시장규모가 확대되리라 예상됨.</p> <p>* 선박의 배출 허용 기준은 「대기환경보전법」 “제76조(선박의 배출허용기준 등) ① 선박 소유자는 「해양오염 방지법」 제23조의 5 제1항에 따른 선박의 디젤기관에서 배출되는 대기오염물질 중 대통령령으로 정하는 대기오염물질을 배출할 때 환경부령으로 정하는 허용기준 <개정 2008.2.29, 2013.3.23>”에 맞도록 규정하고 있음.</p> <p>* 국내 항구도시 미세먼지 현황 및 관계부처 미세먼지 관리 대책 발표</p> <div data-bbox="480 1171 1378 1335" style="border: 2px solid orange; padding: 10px;"> <p>국내 항구도시의 미세먼지 현황</p> <ul style="list-style-type: none"> 대기오염물질중 선박 배출 비중 <ul style="list-style-type: none"> 1차 미세먼지 원인인 입자상물질(PM₁₀) : 부산(47.2%), 인천(13.0%), 울산(13.7%) 2차 미세먼지 원인인 질소산화물(NOx) : 부산(39.1%), 인천(8.4%), 울산(16.3%) </div> <div data-bbox="480 1355 1378 1771" style="border: 2px solid red; padding: 10px;"> <p>관계부처 합동 미세먼지 관리 종합대책 발표(2017. 9. 26)</p> <ul style="list-style-type: none"> 목표 : '22년까지 미세먼지 국내 배출량 30% 저감 대책 : 4대 핵심 배출원(발전, 산업, 수송, 생활) 집중 감축 (핵심대책) 사각지대인 선박에 대한 관리 강화 <ul style="list-style-type: none"> '19년까지 실증 추진, 이후 시범장착 등 상용화 실시 선박 배출가스 규제(IMO)에 대응 <div style="display: flex; justify-content: space-around;">   </div> <p style="font-size: small;">[출처 : 연합뉴스, JTBC]</p> </div>
<p>주요 연구내용</p>	<p>○ 연구의 목표</p> <ul style="list-style-type: none"> 연안 소형 선박 400kW급 선박엔진에 대한 엔진 사양 선정 대상 선박에 적합한 선박 유화연료 시스템 제작 및 성능 평가 에멀전 연료의 성상 분석 및 안정성 평가 <p>* 다양한 계면 활성제를 이용한 에멀전 연료의 안정성 및 보관성 확보</p> <p>* 에멀전 연료의 입도분포 및 분산성 측정</p>

주요 연구내용
(계속)

* 수분함량에 따른 에멀전 연료의 연료 성분 및 연료의 안정성

<최종연구 개발목표>

- 400kW급 연안 선박의 유화연료 시스템 및 입자상 물질 저감 시스템 개발 (시작품)
 - 400kW급 연안 선박의 선박유에 대한 유화연료 제조 시스템 개발
 - 400kW급 연안 디젤 선박의 입자상 물질 70% 이상 저감
 - 400kW급 연안 디젤 선박의 질소산화물 10%이상 저감
- 400kW급 연안 선박 유화연료 제조시스템 시작품 탑재
 - 질소산화물 및 입자상물질 저감 인증 평가
 - 시작품 탑재에 따른 안정성 평가

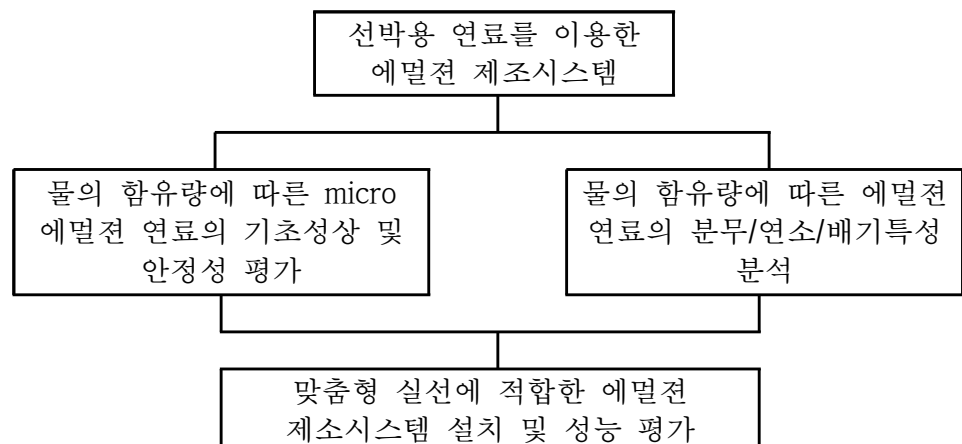
<표 > 단계별 개발목표

구 분		목 표
기술개발 최종목표		○ 400kW급 연안 선박의 유화연료 시스템 및 입자상 물질 저감 시스템 개발
구분	1차년도	- 400kW급 선박엔진 대상의 질소산화물 및 입자상물질 제거 성능 평가
	2차년도	- 400kW급 실 선박에 적용하여 질소산화물 및 입자상 물질 제거 시스템의 성능인증 및 시스템 인증

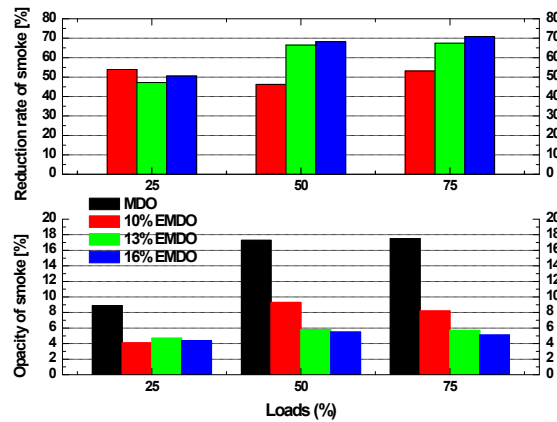
<연구 개발목표 및 기술 내용>

- 1단계 1차년도 - 선박용 연료를 이용한 에멀전 제조시스템 제작 및 생성 연료의 안정성 평가
 - 400kW급 선박에 적용한 선박유 유화연료의 시작품 제작 및 생성 연료의 저장 안정성 평가 및 인증
- 2단계 2차년도 : 400kW급 실선박에 탑재된 유화 연료 제조시스템의 설치 공간 확보 및 배기가스 저감 성능 평가 및 인증

○ 연구의 추진 전략 및 방법



주요 연구내용
(계속)



(b) Soot 저감 효율

□ 공동개발기관 수행내용

- 연안 소형 선박 400kW 선박엔진의 연소 및 배기 성능 자료 확보
 - * 연안 소형 선박의 주 엔진 기종과 배기 배출물 자료 확보
- 400kW급 유화연료 제작시스템의 수분함량에 따른 연료 성분 검증 및 검토
 - * 수분함량에 따른 유화 연료의 수분량 검증
 - * 수분함량에 따른 연소 적합성 및 안정성 평가
- 제조된 유화 연료의 대상 엔진의 노즐 분무 특성 평가
- 제조된 유화 연료를 활용한 연소 및 배기 성능평가

	Mechanism	Effects
1: 미세폭발	<p>물과 연료의 끓는점 차이 때문에 물이 연료보다 먼저 팽창하고 폭발하게 된다. 물에 의해 발생한 미세폭발로 인하여 연료의 미립화가 개선 및 연소 개선 효과</p>	<p>▼연료소비 감소 ▼PM감소</p>
2: 냉각	<p>대체로 NOx는 고온의 공기에 노출되었을 때 생성 됨. 연소 반응이 일어나는 실린더 내부에 수분의 증발 잠열에 의해, 연소실 내 공기의 온도 하강으로 인한 NOx는 감소.</p>	<p>▼NOx 감소</p>
3: 연료 분사 모멘텀 증가	<p>물의 밀도는 연료에 비해 높기 때문에 예열전 연료의 혼합 밀도는 증가는 예열전 연료가 분사하는 과정에서 모멘텀은 증가하고 연료와 공기의 혼합이 개선.</p>	<p>▼연료소비 감소</p>
4: 물과 연료의 반응	<p>연료는 공기와 반응하며 반응하지 않은 탄소는 물과 반응을 통해 불완전 연소를 개선.</p> $C + H_2O = CO + H_2 - 131kj, CO + \frac{1}{2}O_2 = CO_2 + 283kj$	<p>▼연료소비 감소 ▼NOx 감소</p>

○ 연구결과의 기대효과 및 파급효과

- (환경적 기대효과) 선박으로부터 배출되는 대기오염물질을 저감하는 기술의 개발은, 세계 1위의 조선업과 세계 5위의 해운업을 보유한 해운강국으로서, 세계 시장을 선도할 수 있다는 자신감을 배양할 수 있으며, 이를 통해 해양강국으로서의 국민적 호응도를 얻을 수 있는 기회라고 판단됨

주요 연구내용 (계속)	<ul style="list-style-type: none">- (사회적 기대효과) 또한, IMO 를 비롯한 국제기구에서 우리나라의 위상 제고 및 영향력 확대에도 많은 영향을 미칠 것으로 판단됨- (경제적 기대효과) 본 연구에서 개발되는 IMO Tier 3 규정에 적용 가능한 1 MW 급 선박용 중형 엔진 배기가스 저감 시스템 기술은 국내 조선업계에서의 적극적인 활용을 통해 선박으로부터 배출되는 대기오염물질을 저감할 수 있는 기술로 활용될 것임																																																								
연구성과 활용방안	○ 연구 성과 지표 및 목표 <ul style="list-style-type: none">- 대상 선박에 적합한 선박유를 활용한 유화연료 제작시작품 개발 : 대상 시작품에 대한 설계 도면 및 운영 지침서 개발- 에멀전 연료의 성상 분석 및 안정성 평가<ul style="list-style-type: none">* 다양한 계면 활성제를 이용한 에멀전 연료의 안정성 및 보관성 확보 : 연료의 물과 기름의 상분리 및 저장성에 대한 인증 평가* 에멀전 연료의 입도분포 및 분산성 측정 : 에멀전 연료의 수분과 선박유의 입도 분포 및 분산성 공인인증 평가* 수분함량에 따른 에먼전 연료의 연료 성분 및 연료의 안정성 : 수분 함량에 따른 연료의 성상과 생성 연료의 수분함량의 유지성 검증 <p><표> 성능지표 목표 및 측정방법</p> <table><tr><th colspan="7">< 주요 성능지표 개요 ></th></tr><tr><th>주요 성능지표¹⁾</th><th>단위</th><th>최종 개발목표²⁾</th><th>기술개발전 수준</th><th>세계최고수준 또는 수요처 요구수준³⁾ (해당기업)</th><th>전체항목에서 차지하는 비중⁴⁾(%)</th><th>평가방법⁵⁾</th></tr><tr><td>유화연료제 작도면 및 절차서 제작</td><td>건</td><td>1건</td><td>-</td><td>-</td><td>10</td><td>도면 및 제작절차서</td></tr><tr><td>에멀전연료 연소 적합성 (80℃, 48h)</td><td>(v/v) %</td><td>1.8% 이하</td><td>3%</td><td>1.8%</td><td>20</td><td>공인 시험·인증기 관</td></tr><tr><td>에멀전연료 저장안정성 (30일)</td><td>(v/v) %</td><td>1.8% 이하</td><td>3%</td><td>1.8%</td><td>20</td><td>공인 시험·인증기 관</td></tr><tr><td>수분함유량 에 따른 성분분석</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>10</td><td>공인시험기관</td></tr><tr><td>질소산화물 저감율</td><td>%</td><td>10% 이상</td><td>10%</td><td>10%</td><td>10</td><td>공인시험기관</td></tr><tr><td>블랙카본 저감율</td><td>%</td><td>70% 이상</td><td>70%</td><td>70%</td><td>30</td><td>공인시험기관</td></tr></table>	< 주요 성능지표 개요 >							주요 성능지표 ¹⁾	단위	최종 개발목표 ²⁾	기술개발전 수준	세계최고수준 또는 수요처 요구수준 ³⁾ (해당기업)	전체항목에서 차지하는 비중 ⁴⁾ (%)	평가방법 ⁵⁾	유화연료제 작도면 및 절차서 제작	건	1건	-	-	10	도면 및 제작절차서	에멀전연료 연소 적합성 (80℃, 48h)	(v/v) %	1.8% 이하	3%	1.8%	20	공인 시험·인증기 관	에멀전연료 저장안정성 (30일)	(v/v) %	1.8% 이하	3%	1.8%	20	공인 시험·인증기 관	수분함유량 에 따른 성분분석	-	-	-	-	10	공인시험기관	질소산화물 저감율	%	10% 이상	10%	10%	10	공인시험기관	블랙카본 저감율	%	70% 이상	70%	70%	30	공인시험기관
	< 주요 성능지표 개요 >																																																								
	주요 성능지표 ¹⁾	단위	최종 개발목표 ²⁾	기술개발전 수준	세계최고수준 또는 수요처 요구수준 ³⁾ (해당기업)	전체항목에서 차지하는 비중 ⁴⁾ (%)	평가방법 ⁵⁾																																																		
	유화연료제 작도면 및 절차서 제작	건	1건	-	-	10	도면 및 제작절차서																																																		
	에멀전연료 연소 적합성 (80℃, 48h)	(v/v) %	1.8% 이하	3%	1.8%	20	공인 시험·인증기 관																																																		
	에멀전연료 저장안정성 (30일)	(v/v) %	1.8% 이하	3%	1.8%	20	공인 시험·인증기 관																																																		
	수분함유량 에 따른 성분분석	-	-	-	-	10	공인시험기관																																																		
	질소산화물 저감율	%	10% 이상	10%	10%	10	공인시험기관																																																		
	블랙카본 저감율	%	70% 이상	70%	70%	30	공인시험기관																																																		

연구성과
활용방안
(계속)

※ 수행기관 자체 측정 지표 사유

< 시료 정의 및 측정방법 >			
주요 성능지표	시료정의	측정시료 수 ⁶⁾ (n≥5개)	측정방법 ⁷⁾ (규격, 환경, 결과치 계산 등)
에멀전연료 연소 적합성	생성 에멀전 연료 시료	5	KS M ISO 3733:2008
에멀전연료 저장안정성	생성 에멀전 연료 시료	5	KS M ISO 3733:2008
수분함량에 따른 에멀전 연료 성분분석	생성 에멀전 연료 시료	5	참발열량 : KS M 2057:2006 황분 (고온법) : KS M 2414:2011 원소분석 : ASTM D5291-16 수분(중류법) : KS M ISO 3733:2008 침전물(추출법) : KS M ISO 3735:2008

※ 시료수 5개 미만(n<5개) 지표 사유

○ 예) (성능지표 1) : . . .

* 학술지 논문 게재 1건 및 특허 출원 1건

○ 연구 성과 활용내용(계획)

국내 항구도시의 미세먼지 현황 및 대기오염물질 중 선박 배출 비중이 많이 발생하고 있는 실정임. 또한 관계부처 합동 미세먼지 관리 종합대책 발표 (2017.09.26.)에 따라 사각지대인 선박에 대한 관리 강화되고 2019년까지 실증 및 시범장착 등 상용화 실시 계획임. 현재 우리나라 연근해를 운행하는 대부분의 중소형 선박들은 선박연료로 ULSD, MGO, MDO(Ultra low sulfur diesel, Marine Gas Oil, Marine Diesel Oil)을 사용해서 운항에 필요한 동력을 얻거나 정박 중 필요한 전기를 생산하고 있다. 엔진에서 연료를 연소하게 되면, 벤조피렌과 같은 발암물질이 포함된 황산화물(SO_x, 이하 SO_x), 질소산화물(NO_x, 이하 NO_x) 그리고 입자상물질(PM, particulate matter)과 같은 오염물질을 배출하고 있으며, 선박엔진 자체만으로는 이러한 대기오염물질에서 EPA Tier 3 배기규제를 만족할 수 없으므로 배기가스 후처리기술이 필수적이거나, 입자상물질(블랙카본, Soot)의 경우 본 연구에서 개발된 유화연료 시스템을 활용하여 연소시스템에 적용하면 입자상물질을 80%이상 저감할 수 있는 기술임

국내 항구도시의 미세먼지 현황

- 대기오염물질중 선박 배출 비중
 - 1차 미세먼지 원인인 입자상물질(PM₁₀) : 부산(47.2%), 인천(13.0%), 울산(13.7%)
 - 2차 미세먼지 원인인 질소산화물(NO_x) : 부산(39.1%), 인천(8.4%), 울산(16.3%)

관계부처 합동 미세먼지 관리 종합대책 발표(2017. 9. 26)

- 목표 : '22년까지 미세먼지 국내 배출량 30% 저감
- 대책 : 4대 핵심 배출원(발전, 산업, 수송, 생활) 집중 감축
 - (핵심대책) 사각지대인 선박에 대한 관리 강화
 - '19년까지 실증 추진, 이후 시범장착 등 상용화 실시
 - 선박 배출가스 규제(IMO)에 대응



[출처 : 연합뉴스, JTBC]

연구성과
활용방안
(계속)

질소산화물

「대기환경보전법 제 76조」시행규칙 내 선박의 배출허용기준

기관 출력	정격 기관속도 (n: 크랭크셔프트의 분당 속도)	질소산화물 배출기준(g/kWh)		
		기준1	기준2	기준3
130kW 초과 (n=1800 rpm일 경우)	n이 130rpm 미만일 때	17.0이하	14.4 이하	3.4 이하
	n이 130rpm 이상 2,000rpm 미만일 때	$45.0 \times n(-0.2)$ 이하 (10.0g/kWh)	$44.0 \times n(-0.23)$ 이하 (7.8g/kWh)	$9.0 \times n(-0.2)$ 이하 (2.0g/kWh)
	n이 2,000rpm 이상일 때	9.8 이하	7.7 이하	2.0이하

비고: 기준 1은 2010년 12월 31일 이전에 건조된 선박에, 기준 2는 2011년 1월 1일 이후에 건조된 선박에, 기준 3은 2016년 1월 1일 이후에 건조된 선박에 설치되는 디젤기관에 각각 적용하되, 기준별 적용대상 및 적용시기 등은 해양수산부령으로 정하는 바에 따른다.

황산화물

해양환경관리법 시행령 제44조(경유의 황 함유량 규정)

: 배타적경제수역 안에서만 항해하는 선박용 경유는 0.05%(500 ppm) 이하여야 한다

입자상물질

국내 규제 없음 (단, 미국, 유럽 등은 PM_{10} , $PM_{2.5}$ 규제 중)

과제 담당부서	인니지어(주)
과제 담당자(감독원)	대표이사 송창규 (010 - 9311-4691)