

# 선박의 육상전력과 선박연료비용 비교분석에 관한 연구\*

A Study on Cost Comparison between AMP  
and Bunker fuel

박 영 태\*\* Young-Tae Park

강 효 원\*\*\* Hyo-Won Kang

## 목 차

I. 서론	IV. 시사점
II. 선행연구 및 광양만권 대기오염원 분석	V. 결론
III. 연구방법 및 분석결과	참고문헌
	Abstract

## 국문초록

최근 항만구역내의 대기오염원 감축을 위해 미국을 비롯한 중국 등 세계 각국의 노력이 다양하게 이뤄지고 있다.

항만에 기항하는 선박이 많아질수록 물동량과 선박에서 배출되는 대기오염물질 역시 증가되고 있기 때문에 항만공사와 선사 및 터미널운영사의 사회적책임이 중요해 지고 있다. 육상전력공급 시설(AMP)은 선박의 디젤발전기를 대체하여 육상 전력을 선박에 공급함으로써 발전기에서 배출되는 대기오염물질을 감소시키는 공해방지대책이다. 본 연구는 광양항의 효율적인 육상전력공급 설비 운영방안 도출을 위해 정박 시 AMP요금과 Bunk Fuel 요금을 비교하였다.

\* 이 논문은 제10회 광양항 국제포럼에서 발표한 논문을 수정, 보완한 것임

\*\* 동의대학교 무역·유통학부 교수, 제1저자

\*\*\* 안동대학교 무역학과 조교수, 교신저자

〈주제어〉 육상전력공급설비, 선박유, 광양항, 대기오염

## I. 서론

지구온난화는 사상 유례없는 폭염과 한파와 같은 기후변화를 전 지구적으로 야기시키고 있다. 많은 전문가들은 그 같은 원인으로 화석연료의 사용을 지목하였다. 그러나 화석연료를 통해 얻어진 에너지는 인류발전의 동인(動因)이라는 그 누구도 부인할 수 없는 주지의 사실이다. 그러나 에너지원으로써 화석연료의 지나친 사용은 지구온난화를 가속시키고 있으며, 우리사회의 화두인 미세먼지를 유발시키는 주범으로 여겨지고 있다.

우리나라 전역의 대기오염은 해가 갈수록 그 심각성이 더해지고 있기에 현 정부 들어 대통령령의 3번째 업무지시로 ‘전 산업분야에서 미세먼지 저감 대책마련’을 지시하기도 했다. 이에 따라 환경부에서는 국내 초미세먼지의 환경기준을 선진국 수준으로 강화하여 전국 각 지역에 설치된 대기오염물질 측정소를 통해 매시간 초미세먼지와 미세먼지의 오염도를 발표하고 있다.

그럼에도 불구하고 우리나라의 관문항인 부산의 경우 전 세계 10대 오염항만으로 선정되는 불명예를 얻었으며, 수도권에 인접한 인천과 같은 항만도시에서 미세먼지와 초미세먼지를 유발시키는 원인물질의 오염도는 매우 심각한 수준에 이르고 있다고 한다(KMI, 2017; Nature, 2016).

선박에서 배출되는 오염물질<sup>1)</sup>은 항만도시를 비롯해 인접한 항만배후도시까지 대기를 오염시킬 수 있기 때문에 항만구역에서 발생하는 대기오염물질의 관리강화가 필요하다. 이를 위해 해양수산부에서는 미세먼지 저감형 항만인프라 구축을 위해 2020년까지 항만 인근의 대기오염물질을 절감하겠다는 계획을 발표하였다(해양수산부, 2018).

최근에는 항만구역내의 대기오염원 저감 및 감축을 위해 미국을 비롯한 여러 나라에서 ECA<sup>2)</sup>설정과 AMP<sup>3)</sup>설치 등 다양한 대기오염방지 정책이 마련되어 시행중에 있다. 대표적인 오염항만<sup>4)</sup>인 중국의 경우 적극적으로 ECA정책 도입을 통해 항만구역의 대기환경 개선에 노력하고 있다.

1) 선박에서 배출되는 대표적인 대기오염물질은 SOX, NOX, CO2이며, 대기 중에 미세먼지를 유발시키는 주원인으로 밝혀졌음. (저자 주)

2) ECA(Emission Control Area)는 선박의 오염물질배출을 엄격히 통제하는 해역임. (저자 주)

3) AMP(Alternative Maritime Power)는 정박 중인 선박에 필요한 전력을 육상에서 공급하는 시설임. (저자 주)

4) <https://www.nature.com/news/pollution-three-steps-to-a-green-shipping-industry-1.19369>

항만에 기항하는 선박이 많아질수록 물동량은 증가하지만 양적하 작업시간 증가로 인해 접안시간 역시 증가하며 따라서 선박에서 배출되는 대기오염물질이 증가됨은 피할 수 없는 현실이다. 그러나 항만구역의 대기환경을 개선하기 위한 노력으로는 지속되어야 하며, 우리나라의 해운항만 현실을 감안했을 때, ECA 도입보다는 현실적으로 육상전력공급시설(Alternative Maritime Power)을 통해 선박의 디젤발전기를 대체하여 육상전력을 선박에 공급함으로써 선박에서 배출되는 대기오염물질을 감소시키는 공해방지대책이 효과적인 대안이 될 수 있다. 이에 정부와 항만공사는 항만커뮤니티의 대기오염원을 절감하기 위해 대규모 상선을 위한 AMP 설치를 추진 중에 있다.

이에 본 연구에서는 효율적인 육상전력공급설비 운영방안 도출을 위해 정박 중인 선박이 지불하는 AMP사용비용인 전기요금과 Bunker Fuel 비용을 광양항의 입항 선박데이터를 활용하여 비교하여 분석하였다. 일반적으로 유가의 변동성에 직접적으로 영향을 받는 것은 Bunker Fuel 가격이기 때문에 상대적으로 전기요금은 소비주체가 지불해야 하는 비용이 예측가능하다. 따라서 AMP 사용의 직접 당사자인 선사에서도 정박시간에 지출되는 선박연료유(Bunker Fuel) 비용보다 AMP사용 전기요금이 상대적으로 저렴하고 또한 예측가능하다면 유가의 변동성에 기인된 지출비용의 불확실성에서 벗어날 수 있을 것이다.

## II. 선행연구 및 광양만권 대기오염원 분석

### 1. 선행연구

항만의 대기오염으로 인한 국내연구는 이민우 외 (2018)는 부산북항에 접안하는 선박들로부터 발생하는 배기가스를 추정하고, 항만주변으로 어떻게 확산되는지 분석하였다. 연구결과에서 2012년 한 해 동안 항만에 정박하는 선박으로부터 발생하는 배기가스 3종의 산출결과 질소산화물, 이산화황, 미세먼지의 배출량이 각각 12,341톤, 14,513톤, 2,743톤이 산출되었다고 보고하였다.

김성국 외 (2016)는 최근의 기후변화는 전 세계적인 대응이 필요한 글로벌 문제임을 지적하면서, 주요 대책 중에 온실가스 배출량이 국제사회의 관심을 받고 있으며, 중국정부의 배출통제구역(ECA)을 비롯한 새로운 항만 규제를 발표한 것과 중국의 해운업계에 미칠 영향에 대해 분석하였다.

조성우 외 (2013)는 향후 신재생 에너지 중에 중요한 위치를 점하게 될 해상풍력 발전에 대해 국내항만 중 근산항에 대한 역할을 제시하였다. 본 연구에서는 해상풍력지원항만으로서 충분한 선석의 공간이 필요하며 배후부지의 규모 역시 향후 확장성을 고려해야 함을 지적하였으며, 풍력발전설비의 특성 상 중량물의 운송에 필요한 전용장비와 설비가 필요할 것이라고 주장하였다.

김선구 외 (2012)는 항만에서 운용되는 선박, 트럭 및 하역장비들이 배출하는 온실가스가 현장 근로자들뿐만 아니라 인근 지역민들의 건강과 생활환경을 악화시킨다고 주장하였으며, 이를 개선하기 위해 항만 중 온실가스 배출량 비중이 가장 높은 컨테이너터미널을 대상으로 온실가스 저감방안에 대한 연구를 실시하였다. 연구결과 온실가스 저감대안으로 전기T/C도입, 하이브리드Y/T개조 그리고 AMP와 MLS도입이 필요할 것이라고 분석하였다.

한원희 외(2010)에서는 육상전력 사용에 따른 정박 중인 선박의 CO<sub>2</sub> 배출 및 운항비용 절감에 관한 연구를 통해 육상전력 사용 후 CO<sub>2</sub> 배출량이 32.5% 감소하였으며, 운항비용 역시 33% 절감한 것으로 분석하였다.

Parth et al.(2016)에서는 접안한 선박에서 대기전력을 발생시키기 위해서는 선박연료유(Bunker Fuel)를 지속적으로 사용해야하기 때문에 접안 시 선박의 연료사용을 통해 발생하는 대기오염물질은 항만과 항만도시에 거주하는 사람들의 건강에 중대한 영향을 미친다고 보고하였다.

Yang(2016)은 항만의 대기오염물질의 관리필요성에 대해 역설하였으며, 이는 초기에는 항만의 이해당사자들의 적극적인 정책지지를 얻지 못했으나, 이후에는 관련 이해당사자들의 지지를 얻어 정책으로 마련되는데 역할을 하였다.

BC Hydro(2015) 보고서에 따르면 정박 중인 선박에 의무적으로 육상전력을 사용하게 하는 규제는 선박의 육상전력수전시설을 조속히 확충하도록 하는데 큰 영향을 준 것으로 분석하였으며, 결과적으로 태평양항로 취항 선박들이 육상전력공급의 수전시설을 대부분 갖추도록 하는데 긍정적인 영향을 준 것으로 판단하였다.

## 2. 광양만권 대기오염원

여수, 순천, 광양 지역을 일컫는 광양만권의 대기오염수준을 분석하기 위해 한국환경공단의 대기오염원 분석정보<sup>5)</sup>를 활용하였다.

5) 한국환경공단 [www.airkorea.or.kr](http://www.airkorea.or.kr)

한국환경공단은 측정대기오염원을 6개로 분류하였고 매 시간단위로 오염원 정보를 수집하고 있으며, 전남지역에 총24개의 대기측정소 설치하였다.

〈표 1〉 광양만권 13개 측정소 지역별 분포

구분	측정소명	연간 측정데이터(건)
여수	광무동, 월내동, 문수동, 여천동, 덕충동	43,800
순천	장천동, 연향동, 순천만, 호두리	35,040
광양	중동, 태안동, 진삼면, 광양읍	35,040

출처: 한국환경공단, 연구자 재구성

〈그림 1〉에서 보는 바와 같이 전남지역의 대기측정소의 56.5%인 13개소가 여수, 순천, 광양지역에 분포되어 있음을 알 수 있다.

〈그림 1〉 전남지역 대기측정소



출처: 한국환경공단

본 연구에서는 여수항과 광양항의 배후권역이라고 할 수 있는 광양만권의 13개 측정소정보를 대상으로 하여 2015년부터 2017년까지 총 3년간 341,640건의 정보를 분석하였다. 한국환경공단에서는 6가지 대기오염물질을 아래 〈표 2〉와 같이 구분하였다. 최근 우리사회의 화두인 미세먼지는 초미세먼지와 구분하여 매시간 별로 측정소마다 측정하여

발표하고 있다. 환경부<sup>6)</sup>는 국내 초미세먼지의 환경기준을 미국, 일본과 동일한 수준으로 강화하였다.

〈표 2〉 대기오염물질

구분	측정 단위	특징 및 주요배출원
미세먼지 (PM10)	μg/m <sup>3</sup>	특징: PM10은 1000분의 10mm보다 작은 먼지이며, PM2.5는 1000분의 2.5mm보다 작은 먼지 배출원: 사업장 연소, 수송기관 연료연소 등
초미세먼지 (PM2.5)		
오존 (O <sub>3</sub> )	ppm	특징: 오존은 대기중에 배출된 NO <sub>x</sub> 와 휘발성유기화합물(VOCs) 등이 자외선과 광화학 반응을 일으켜 생성된 2차 오염물질 배출원: 선박, 자동차, 화학공장, 정유공장 등
이산화질소 (NO <sub>2</sub> )	ppm	특징: 대기 중 일산화질소의 산화에 의해 발생 배출원: 선박, 자동차, 발전소와 같은 고온 연소공정과 화학물질 제조공정 등
일산화탄소 (CO)	ppm	특징: 무색, 무취의 유독성 가스로서 연료속의 탄소성분이 불완전 연소되었을 때 발생 배출원: 수송부문이 차지하며, 산업공정과 비수송부문의 연료연소 등
아황산가스 (SO <sub>2</sub> )	ppm	특징: 황산화물의 일종으로 물에 잘 녹는 무색의 자극적인 냄새가 나는 불연성 가스 배출원: 발전소, 난방장치, 금속 제련공장, 정유공장 및 기타 산업공정 등

출처: 한국환경공단, 연구자 재구성

대기 중 미세먼지는 대기흐름의 이동성에 따라 그 정도가 결정되어 국외에서 발생한 미세먼지의 국내유입이 잦은 대기흐름을 보이는 계절에 그 심각성이 더해진다. 그러나 환경부와 미국 항공우주국과 공동으로 서울시내 대기질을 분석한 결과 미세먼지 기여율은 국내에서 발생한 미세먼지가 52%, 중국을 비롯한 국외 미세먼지의 유입이 48%로 분석했다.<sup>7)</sup> 미세먼지는 사업장에서 사용하는 연료의 연소과정, 선박 및 차량과 같은 운송기관의 연료연소에서 다량으로 발생하는 것으로 알려져 있다.

환경공단에서 측정하는 다른 대기오염물질로는 오존, 이산화질소, 일산화탄소, 아황산가스가 있다. 이들 역시 화석연료를 사용하는 운송기관의 연료사용, 화학 및 정유공장에서 주로 발생한다고 보고되었다. 특히 오존은 대기 중에 배출된 NO<sub>x</sub>, VOCs 등이 자외선과 광화학 반응을 일으켜 생성된 2차 오염물질로 알려져 있으며, 동물보다 식물과 같은 유실수와 농작물에서 그 피해가 크다고 보고되었다.<sup>8)</sup>

6) “미세먼지 환경기준 27일부터 미, 일 수준으로 강화”, 「한겨레신문」, 2018. 3. 20. <http://www.hani.co.kr/arti/society/environment/836873.html> (검색일 2018. 11. 20)

7) BBC Korea, 미세먼지: 당신이 알아야 할 6가지, 2018. 3. 26. <https://www.bbc.com/korean/news-43524873> (검색일 2018. 11. 18)

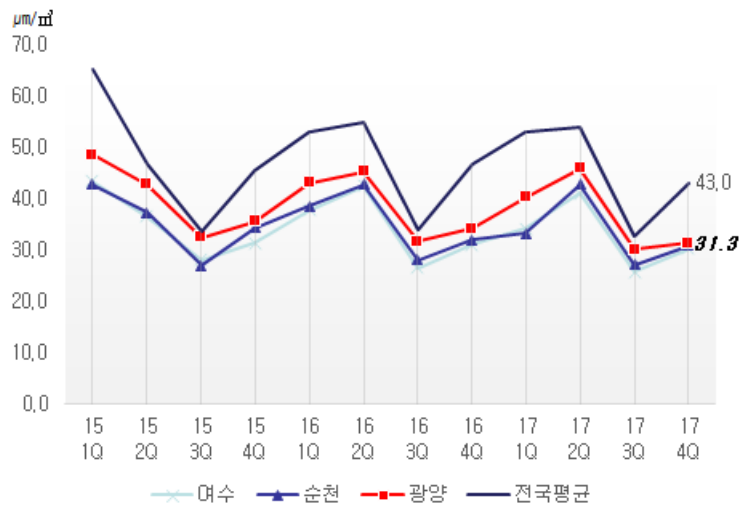
### 3. 대기오염원 분석결과

한국환경공단 대기오염물질 통계정보를 활용하여, 2015~2017년 측정된 미세먼지, 초미세먼지, 오존, 이산화질소, 일산화탄소, 아황산가스 등 6개 오염물질을 분기별로 분석한 결과는 다음과 같다.

#### 1) 미세먼지

미세먼지는 3분기를 최저점으로 하여 점차 상승하는 경향을 보이고 있다가 2분기에 최고점을 기록하는 패턴을 보이고 있다.

〈그림 2〉 2015~2017년 분기별 광양만권 미세먼지(PM<sub>10</sub>) 측정결과



출처: 한국환경공단, 연구자 작성

광양만권의 미세먼지농도 분석결과 2017년 4분기 기준 전국평균인 43.0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$  보다 낮은 수치를 기록하였다. 반면 광양은 여수와 순천보다 다소 높은 31.3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 분석되었다.

8) 인천광역시 보건환경연구원, <http://ecopia.incheon.go.kr/posts/329/1026>

## 2) 초미세먼지

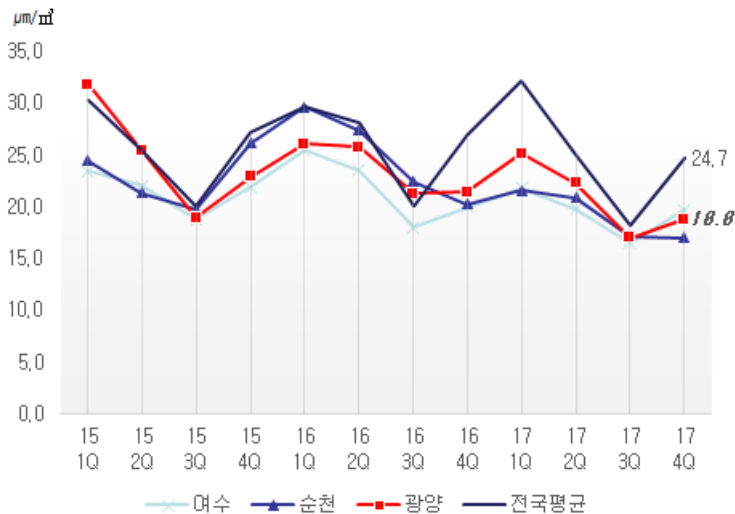
2017년 4분기 기준 여수, 순천, 광양지역의 초미세먼지농도 분석결과 전국평균인 24.7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$  보다 낮은 수치를 기록하였다. 반면 2015년 1분기에는 광양지역의 초미세먼지 수치가 전국평균보다 약간 상회한 31.9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 분석되었다.

미세먼지와 초미세먼지의 경우 광양만권과 전국평균 상에는 3분기를 기점으로 점차 측정치의 격차가 상승하다가 2분기부터 광양만권과 전국평균의 격차가 줄어드는 것으로 분석되었다.

〈표 3〉 2015~2017년 분기별 광양만권 초미세먼지(PM<sub>2.5</sub>) 측정결과

구분	15 1Q	15 2Q	15 3Q	15 4Q	16 1Q	16 2Q	16 3Q	16 4Q	17 1Q	17 2Q	17 3Q	17 4Q
여수	23.4	22.0	18.8	21.9	25.5	23.5	18.1	20.0	21.8	19.9	16.5	19.7
순천	24.5	21.4	19.7	26.2	29.7	27.4	22.4	20.3	21.6	20.9	17.1	17.0
광양	31.9	25.5	19.0	23.0	26.1	25.8	21.3	21.4	25.1	22.3	17.0	18.8
전국 평균	30.3	25.6	20.2	27.2	29.7	28.1	20.0	26.9	32.2	25.1	18.3	24.7

〈그림 3〉 2015~2017년 분기별 광양만권 초미세먼지(PM<sub>2.5</sub>) 측정결과



출처: 한국환경공단, 연구자 작성



### 3) 오존

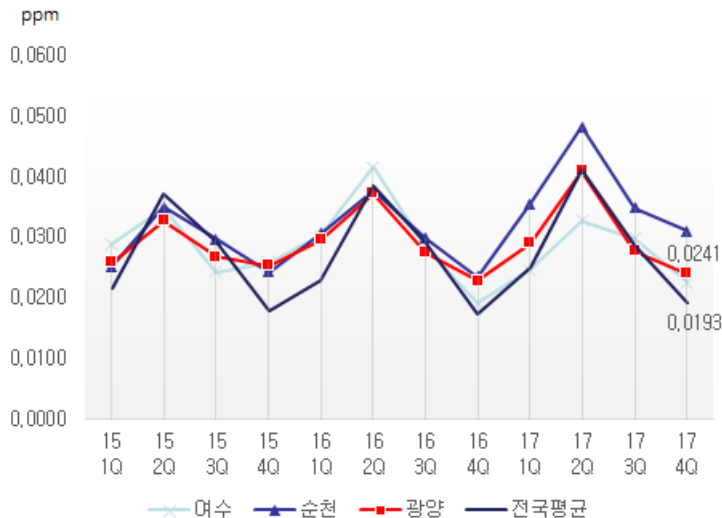
오존은 대기 중에 배출된 NOX(질소산화물)과 VOCs(휘발성유기화합물) 등이 자외선과 광화학반응을 일으켜 생성된 오염물질로 주요 배출원은 선박, 자동차와 같은 내연기관의 연료연소, 화학공장 및 정유공장에서 주로 발생한다.

분석결과 광양만권의 오존농도가 전국평균보다 다소 높은 것으로 측정되었다. 오존의 주요 배출원과 지역의 산업을 고려하였을 때, 상당한 인과관계가 형성된 것으로 볼 수 있다.

〈표 4〉 2015~2017년 분기별 광양만권 오존(O<sub>3</sub>) 측정결과

구분	15 1Q	15 2Q	15 3Q	15 4Q	16 1Q	16 2Q	16 3Q	16 4Q	17 1Q	17 2Q	17 3Q	17 4Q
여수	0.0290	0.0347	0.0244	0.0259	0.0302	0.0417	0.0283	0.0191	0.0247	0.0328	0.0299	0.0226
순천	0.0252	0.0350	0.0298	0.0243	0.0306	0.0378	0.0299	0.0235	0.0355	0.0482	0.0348	0.0311
광양	0.0259	0.0327	0.0268	0.0253	0.0295	0.0373	0.0275	0.0229	0.0291	0.0410	0.0277	0.0241
전국 평균	0.0216	0.0372	0.0292	0.0180	0.0230	0.0386	0.0291	0.0173	0.0249	0.0411	0.0286	0.0193

〈그림 4〉 2015~2017년 분기별 광양만권 오존(O<sub>3</sub>) 측정결과



출처: 한국환경공단, 연구자 작성

#### 4) 이산화질소

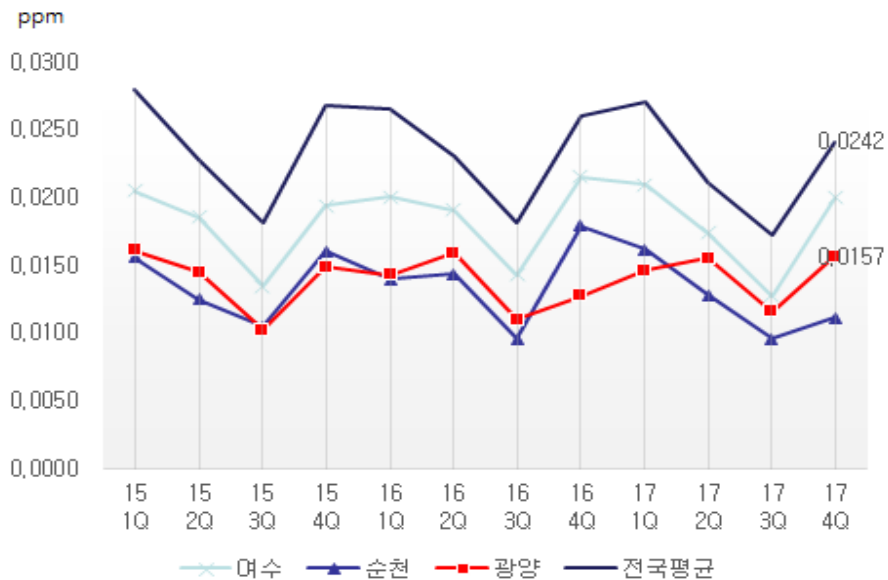
이산화질소는 대기 중 일산화질소의 산화에 의해 발생하는 것으로 주요 배출원으로는 선박, 자동차, 발전소와 같은 고온 연소공정과 화학물질 제조공정 등에서 배출되는 것으로 알려져 있다.

광양만권의 경우 여수지역이 분석 전 기간 동안 광양, 순천지역보다 높은 것으로 분석되었다. 이는 여수산단의 화학공장밀집 지역에서 배출된 것에 기인한 것이라고 판단된다.

〈표 5〉 2015~2017년 분기별 광양만권 이산화질소(NO<sub>2</sub>) 측정결과

구분	15 1Q	15 2Q	15 3Q	15 4Q	16 1Q	16 2Q	16 3Q	16 4Q	17 1Q	17 2Q	17 3Q	17 4Q
여수	0,0205	0,0186	0,0135	0,0194	0,0201	0,0191	0,0143	0,0216	0,0210	0,0174	0,0128	0,0200
순천	0,0156	0,0125	0,0105	0,0161	0,0140	0,0144	0,0096	0,0179	0,0162	0,0129	0,0096	0,0112
광양	0,0162	0,0145	0,0103	0,0149	0,0144	0,0160	0,0110	0,0128	0,0146	0,0156	0,0116	0,0157
전국 평균	0,0280	0,0228	0,0182	0,0268	0,0266	0,0231	0,0182	0,0261	0,0271	0,0212	0,0173	0,0242

〈그림 5〉 2015~2017년 분기별 광양만권 이산화질소(NO<sub>2</sub>) 측정결과



출처: 한국환경공단, 연구자 작성

### 5) 일산화탄소

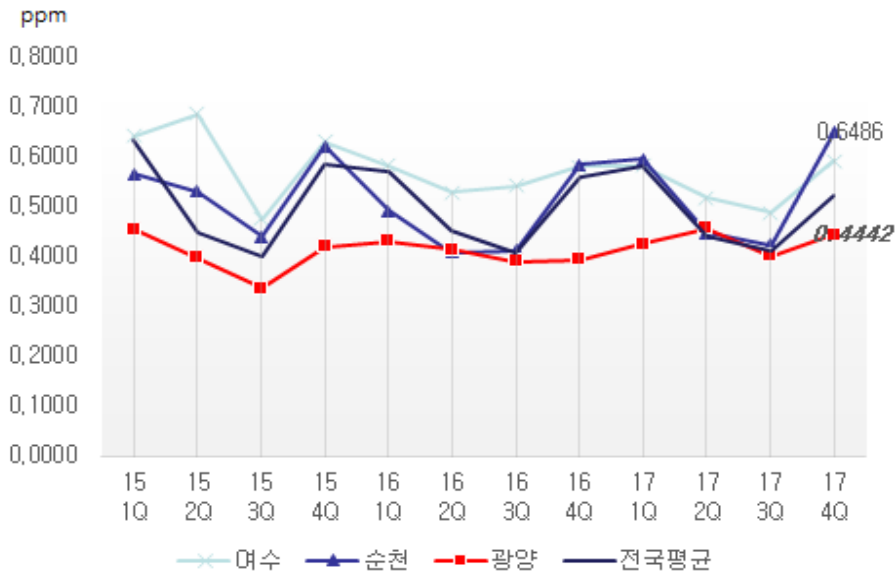
일산화탄소는 무색, 무취의 유독성 가스로서 연료속의 탄소성분이 불완전 연소되었을 때 발생한다. 주요 배출원으로는 수송부문과 산업공정과 비수송부문의 연료연소 등으로 분석되었다.

광양만권의 경우 광양지역이 다소 낮은 측정결과를 보였다.

〈표 6〉 2015~2017년 분기별 광양만권 일산화탄소(CO) 측정결과

구분	15 1Q	15 2Q	15 3Q	15 4Q	16 1Q	16 2Q	16 3Q	16 4Q	17 1Q	17 2Q	17 3Q	17 4Q
여수	0.6420	0.6858	0.4740	0.6297	0.5817	0.5290	0.5405	0.5797	0.5818	0.5178	0.4871	0.5914
순천	0.5657	0.5302	0.4389	0.6213	0.4914	0.4081	0.4112	0.5847	0.5946	0.4471	0.4225	0.6486
광양	0.4552	0.3973	0.3353	0.4199	0.4308	0.4138	0.3891	0.3931	0.4253	0.4555	0.4007	0.4442
전국 평균	0.6321	0.4478	0.4008	0.5849	0.5698	0.4526	0.4076	0.5580	0.5821	0.4387	0.4110	0.5211

〈그림 6〉 2015~2017년 분기별 광양만권 일산화탄소(CO) 측정결과



출처: 한국환경공단, 연구자 작성

## 6) 아황산가스

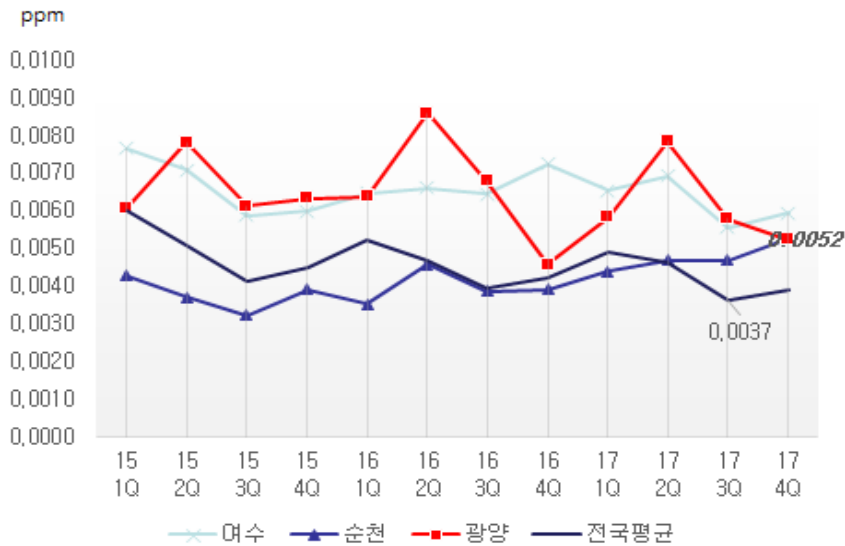
아황산가스는 황산화물의 일종으로 물에 잘 녹는 무색의 자극적인 냄새가 나는 불연성 가스로 발전소, 난방장치, 금속 제련공장, 정유공장 및 기타 산업공정 등에서 주로 발생하는 것으로 보고되고 있다.

광양만권에서 여수와 광양은 아황산가스 농도는 전국평균보다 상대적으로 높은 수준을 기록하였다. 여수와 광양지역의 산업에서 공정상 발생하는 것으로 보이며, 이에 대한 대기질 관리 역시 필요할 것으로 보인다.

〈표 7〉 2015~2017년 분기별 광양만권 아황산가스(SO<sub>2</sub>) 측정결과

구분	15 1Q	15 2Q	15 3Q	15 4Q	16 1Q	16 2Q	16 3Q	16 4Q	17 1Q	17 2Q	17 3Q	17 4Q
여수	0,0077	0,0071	0,0059	0,0060	0,0065	0,0066	0,0064	0,0072	0,0065	0,0069	0,0056	0,0059
순천	0,0043	0,0037	0,0032	0,0039	0,0035	0,0046	0,0039	0,0039	0,0044	0,0047	0,0047	0,0053
광양	0,0061	0,0078	0,0061	0,0063	0,0064	0,0086	0,0068	0,0046	0,0058	0,0078	0,0058	0,0052
전국 평균	0,0060	0,0051	0,0041	0,0045	0,0052	0,0047	0,0040	0,0042	0,0049	0,0047	0,0037	0,0039

〈그림 7〉 2015~2017년 분기별 광양만권 아황산가스(SO<sub>2</sub>) 측정결과



출처: 한국환경공단, 연구자 작성

### Ⅲ. 연구방법 및 분석결과

#### 1. 광양항 컨테이너부두 기항선박 분석

여수광양항만공사와 PortMis 자료에 따르면, 광양항 컨테이너부두는 최근 3년간 전체 입항척수 대비 약 83%~90%의 컨테이너선박이 입항하고 있다. 2018년 상반기에는 전체 입항선박 대비 자동차운반선의 입항 비중은 전년대비 4.9%p 감소한 216척에 그친 것으로 분석되었다.

대형선박의 기준이라고 할 수 있는 5만톤급 이상 컨테이너선박의 입항 비중은 2016년 대비 4.7%p 감소한 것으로 이는 2016년 9월 한진해운파산에 기인된 것으로 보인다.

〈표 8〉 2015~2018년 광양항 컨테이너부두 기항 선박 분석

(단위: 척, %, 시간)

구분	2015년	2016년	2017년	2018년 (1~6월)
a. 광양항 컨테이너 부두 총 입항척수	5,608	5,483	5,064	2,206
a-1. 컨테이너 전용선 입항척수 (a-1/a)	4,658 (83.1%)	4,726 (86.2%)	4,319 (85.3%)	1,990 (90.2%)
a-2. 자동차운반선 입항척수 (a-2/a)	950 (16.9%)	757 (13.8%)	745 (14.7%)	216 (9.8%)
b. 5만톤 이상 컨테이너 입항척 수 (b/a-1)	980 (21.0%)	1,005 (21.3%)	716 (16.6%)	313 (15.7%)
c. 전체 컨테이너 선박당 평균 정박시간	9.18	8.3	8.15	9.14
c-1. 5만톤 이상 컨테이너선박당 평균 정박시간	13.35	13.7	9.16	15.23

전체 컨테이너선박의 광양항 평균 접안시간은 2015년도에 9.18시간, 2017년도 8.15시간으로 점차 단축되었다가 2018년 상반기에는 9.14시간으로 재항시간이 다소 증가하였다. 5만톤 이상 대형선박은 2015년에 13.35시간으로 기록되었다가 2017년에는 9.16시간으로 대폭 감소하였으나 2018년 상반기에는 15.23시간으로 재항시간이 증가한 것으로 분석되었다.

선박의 재항시간 증가는 물동량증가에 기인한 것으로 볼 수 있으며, 재항시간이 늘어날수록 접안 시 선박유의 사용이 증가되어 대기오염물질의 배출량의 증가에 영향을 줄 수 있는 것으로 보여 진다.

## 2. Bunker Fuel 연평균 가격변동 추이

선박에서 사용되는 선박유는 일반적으로 IFO380, IFO180, MDO, MGO 등으로 구분할 수 있다. 이중 MGO의 경우 미국 서부항만인 Los Angeles, Long Beach항의 경우 입항하는 선박의 연료로 사용되고 있다. 반면 우리나라는 IFO 180을 사용하며, 접안 시에는 MDO를 사용하는 것으로 알려져 있다.

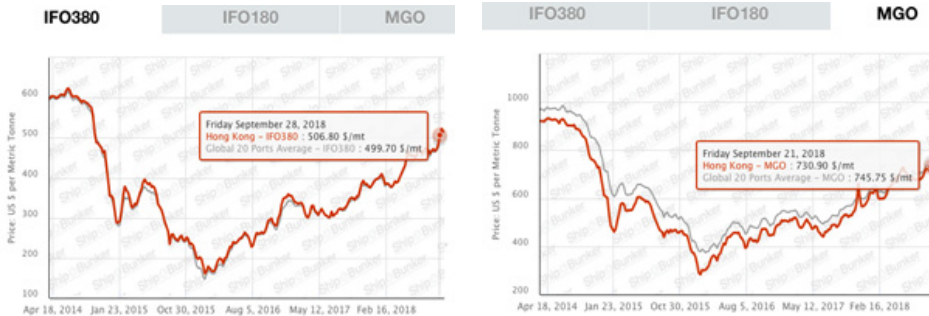
다음 표에서 보는 바와 같이 선박유는 유가의 변동성과 그 궤를 같이 하고 있기 때문에 최근과 같이 유가변동성이 큰 시기에 선사들의 유류비 지출액의 변동성 역시 큰 폭의 위험에 노출되기 쉽다.

〈표 9〉 최근 3년간 선박유종별 연평균유가 추이

선박유종	2015년	2016년	2017년	2018년	CV
IFO 380	304.50	243	336.5	430.5	23.8
IFO 180	314	251.5	345.5	447	24.0
MGO	507	409	510	672.5	20.8

출처: <https://shipandbunker.com>, 연구자 재구성

〈그림 8〉 최근 5년간 IFO 130, MGO 유가 추이



## 3. 정박시 AMP비용과 Bunker Fuel비용 분석

한국해양수산개발원(2017)의 AMP 사용에 따른 전기료와 Bunker Fuel 비용분석에 최근 유가를 반영한 Bunker Fuel 중 IFO 380, MDO, MGO 가격변경을 반영하여 다음 표를 구성하였다.

〈표 10〉 AMP 비용과 Bunker Fuel 비용분석

구분	Bunker Fuel 톤당가격	발전량 (kWh/톤)	AMP사용요금		Bunker Fuel 사용요금	(A-B)
			AMP사용 단가 (A) (원/kWh)	기본요금 (원/kW)	Bunker Fuel 단가 (B) (원/kWh)	
IFO 180	US\$ 560.1* (₩612,913)**	4,608	109.8***	7,220	133.01	-23.21
MDO	US\$ 763.7* (₩835,786)**				181.37	-71.57
MGO	US\$ 773.7* (₩846,730)**				183.79	-73.99

출처: 한국해양수산개발원, AMP설치 수요조사 및 추진과제 연구, 2017, 연구자 재구성

\*: Bunker Index 2018, 10월 평균, 부산항 가격

\*\*: 우리은행 기간별평균환율 년도 매매기준율 1US\$=1,094.39

\*\*\*: 한국전력 산업용(을) '고압 A, 선택I' 전기요금 판매단가 시간대 평균값

분석결과 정박 시 AMP사용요금의 kWh당 단가는 109.8원이며, Bunker Fuel의 kWh당 단가는 IFO 180의 경우 133.01원, MDO의 경우 181.37원, MGO의 경우 183.79원으로 분석되었으며, AMP사용요금과의 차이는 각각 23.21원, 71.57원, 73.99원으로 정박 시 AMP사용에 따른 전기비용이 선박연료유(Bunker Fuel) 비용보다 경쟁력을 갖춘 것으로 볼 수 있다.

## IV. 시사점

본 연구에 대한 시사점은 다음과 같다. 첫째로 법, 제도 개선을 통한 AMP활성화를 도모해야 한다. ECA 본격 실시 전·후의 환경성과를 비교할 수 있도록 제도개선이 필요하다. 따라서 정박 시 AMP이용 선박과 Bunker Fuel에서 발생하는 오염원의 정확한 측정장비가 필요하다. 또한 AMP 전용 특례요금제를 도입을 위해 정부에서 시행 중인 전기차특례요금제도<sup>9)</sup> 등을 벤치마킹할 필요성이 있다.

둘째, AMP 수전설비를 갖춘 선사 타겟마케팅이 필요하다. 현존하는 선박은 자연스럽게 신조선박으로 Cascading 됨에 따라 AMP수전 설비를 갖춘 선박들은 계속 증가될 것으로 판단된다. 따라서 적극적으로 태평양항로의 LA, LB항에 기항하는 선박들을 대상으

9) 산업통상자원부에서는 전기차보급 확대를 위해 전기차 충전기에 부과되는 전력요금 중 기본요금을 면제하고, 전력량요금도 50% 할인하고 있음. (저자 주)

로 타겟마케팅을 실시하고 광양항의 AMP이용률을 현저히 높일 필요가 있다. 이를 위해 AMP수전설비 보유 선박이 광양항 기항 시 인센티브를 제공할 필요가 있는데, 이는 기존 물량인센티브를 Eco 인센티브로 전환하는 방법을 모색해 볼 필요가 있다.

마지막으로 광양만권 청정대기 위원회를 조직할 필요가 있다. 항만에서 발생하는 대기오염원의 심각성은 앞서 살펴본 광양만권 대기오염물질 배출원분석에서 충분히 제시하였다. 따라서 항만당국과 지역사회가 모두 함께 대기질을 개선하는 노력을 병행할 필요가 있다. 구체적으로 현재 여수시 5개, 순천시 4개, 광양시 4개 측정소에 추가로 여수광양항만공사의 항만관리구역인 터미널과 배후단지 등에 대기질 측정기를 설치하여 좀 더 면밀한 대기오염원의 데이터를 축적할 필요가 있다.

## V. 결론

본 연구는 먼저 광양만권 대기오염원의 분석을 통해 여수, 순천, 광양지역의 대기오염물질의 수준을 분석하여 그 심각성을 제기하였다. 이후 항만관리구역에서 정박 중인 선박에 기존의 선박연료(Bunker fuel) 공급을 통해 발생시키는 전력을 육상전원공급장치(AMP)를 통해 공급받을 경우의 비용분석을 실시하였다.

분석결과는 정박 중인 선박에서 필요로 하는 전기의 생성을 위한 kWh당 단가가 Bunker Fuel비용 보다 AMP비용이 저렴한 것으로 분석되었다. 이는 무엇보다 선사에게 유가의 변동성에 노출된 Bunker Fuel의 위험을 제거할 수 있다는 장점이 있다.

현재 정책당국에서는 AMP를 정박 중인 선박에 공급하는 방안이 마련되어 정책을 추진하고 있다. 또한 AMP설비 운영을 통해 항만공사와 정책당국은 항만도시의 미세먼지 및 대기오염물질 저감이라는 정책목표가 달성될 것으로 기대된다. 이에 AMP설치 후 활용도를 제고하는 방안을 면밀하게 모색할 필요가 있다. 이는 쾌적하고 안전한 근로환경은 여수광양항만공사 뿐만 아니라 항만이용자들의 업무생산성과 직결되기 때문이다. 더구나 항만의 쾌적한 대기여건의 확보는 시민이 찾아오는 친수공간을 제공하게 되며, 사회적 가치실현으로 이어질 수 있다.

정박 중인 선박에 AMP 활용을 통해 선사는 최근 급격히 증가하고 있는 유가의 불확실성 및 변동성 위험에서 탈피할 수 있다. 또한 AMP전력요금단가는 상대적으로 안정적이며, 합리적인 육상전력지출비용을 실현할 수 있고, 장기적으로는 정박 시 예측가능한 선사의 지출비용 관리의 실현이 가능하다. 게다가 청정에너지 소비를 통해 환경



편익을 가져올 수 있으며, AMP 설치 및 운영의 노하우를 습득하여 추가적인 수익창출이 가능하다.

터미널운영사의 경우는 AMP 설치 및 운영의 노하우를 획득하여 AMP 역무제공의 노하우를 타 터미널 및 공사에 제공할 수 있다. 또한 대기오염물질 저감으로 항만근로여건이 개선되며, 대규모 전력거래 당사자 지위를 활용한 신규사업진출검토가 용이할 것으로 판단된다.

본 연구의 한계로는 현행 AMP 설치를 위한 비용에 대해 정확하고 면밀한 추계를 하지 못했다. 다만 해당 비용은 항만도시의 쾌적한 대기를 회복하기 위한 사회적 비용으로 인식했으면 한다. 예상되는 향후 연구로는 환경편익 측면에서 AMP 1기당 절감할 수 있는 대기오염물질과 특정 항로의 AMP를 활용을 통해 선대가 절감한 비용편익을 연구하면 더욱 진전 있는 연구가 될 것이다.

## 참고문헌

- 김성국·박명섭 (2016), “신기후체제의 출범과 중국 항만의 온실가스 규제에 관한 연구”, 「한국항만경제학회지」, 32(2), pp.73-90
- 이민우·이향숙 (2018). “선박 배기가스의 대기확산 패턴에 관한 연구”. 「한국항만경제학회지」, 34(1), pp.35-49.
- 인천광역시 보건환경연구원, <http://ecopia.incheon.go.kr/posts/329/1026>
- 조성우·박명섭·한낙현 (2013), “군산항의 해상풍력 지원항만으로서의 역할 및 전략에 관한 연구”, 「무역학회지」, 38(2), pp.115-132
- 한국해양수산개발원 (2017), 「AMP설치 수요조사 및 추진과제 연구」, pp.1-108.
- 한원희·임경선(2010), “육상전력사용에 따른 정박중인 선박의 CO<sub>2</sub> 배출 및 운항비용 절감에 관한 연구”, 「해양환경안전학회지」, 제16권, 제2호, pp.229-234.
- “미세먼지 환경기준 27일부터 미,일 수준으로 강화”, 「한겨레신문」, 2018. 3. 20. <http://www.hani.co.kr/arti/society/environment/836873.html> (검색일 2018. 11. 20)
- “미세먼지: 당신이 알아야 할 6가지”, 「BBC Korea」, 2018. 3. 26. <https://www.bbc.com/korean/news-43524873> (검색일 2018. 11. 18)
- “항만미세먼지 어떻게 잡을 것인가”, 「해양수산부」, 2018. 7. 9. <http://www.mof.go.kr/article/view.do?articleKey=21234&boardKey=10&menuKey=376&currentPageNo=1>

(검색일 2018. 11. 19)

Airkorea (<http://www.airkorea.or.kr>)

California Air Resources Board (<https://ww2.arb.ca.gov>)

Chung-Shan Yang, (2016) “Evaluating the use of alternative maritime power in Taiwan”, Maritime Business Review, Vol. 1 Issue: 3, pp.208-224.

Port of Long Beach (<http://www.polb.com>)

Port of Los Angeles (<http://www.portoflosangeles.com>)

South Coast Air Quality Management District (<http://www.aqmd.gov>)

U.S. Environmental Protection Agency (<https://www.epa.gov>)

## A Study on Cost Comparison between AMP and Bunker fuel

Young-Tae Park

Hyo-Won Kang

---

### Abstract

Lately, various nations including the U.S. and China aim to decrease air pollutants in port areas.

As the number of vessels as ports increases, the volume of cargo and air pollutants emitted from vessels are also increasing. Therefore, the social responsibility of port construction, shipping companies and terminal operators is becoming important.

Alternate Maritime Power(AMP) is an anti-pollution measure which helps in reducing air pollution generated from diesel generators by using shore electric power.

This study compares the AMP tariff and Bunk Fuel tariff at berth in order to determine how to operate an efficient offshore power supply facility in Gwangyang Port.

---

〈Key Words〉 AMP, Bunker Fuel, Gwangyang Port, Air Pollution

