

## 2. 부산항의 선박으로부터 배출되는 질소산화물의 배출량 산정에 관한 연구

기관공학과 송 화 창  
지도교수 최 재 성

대기오염에 대한 관심이 고조됨에 따라, 해상에서는 IMO에 의해 지구온난화를 유발하는 NOx의 규제안이 채택되었다. 이러한 규제치를 적용하기 전 우리나라의 선박들이 제시된 규제치를 만족하고 있는지에 대한 실태조사가 필요하며 이러한 조사를 미국 EPA 및 일본환경청에서는 꾸준히 진행하고 있다. 이러한 조사를 위해서는 선박에 승선하여 직접 측정하여야 하나 시간과 인력 및 돈이 많이 소모되므로 계산적인 방법을 이용하여 실태파악을 시도하였다. NOx배출량 산정 방법은 우선 항내를 운항하는 선박을 기준으로 운항 특성상 입·출항과 정박중으로 나눌 수 있으며 항해중에는 ME이 주요한 배출원이라고 할 수 있다. 또한 발전기는 정박중의 주요 NOx 배출원이라고 할 수 있다. 입·출항 선박으로부터 NOx 배출량은 선박의 입·출항 척수와 항해거리에 따른 소요시간 그리고 엔진의 크기와 엔진의 부하에 따라서 결정되며 정박중 배출량은 선박의 입·출항척수와 정박시간 그리고 엔진의 크기 및 부하에 의하여 결정된다. 입·출항척수는 해양수산부의 자료를 이용하여 알 수 있으나 각 선박들에 탑재되어 있는 엔진에 대한 자료가 부족하므로 선박의 총톤수로 기관출력을 구하는 관계식을 이용하여 출력을 구하고 NOx 배출량 산정식을 이용하여 NOx의 배출량을 구하였다. 그러나 모든 선종에 대한 계산을 하기에는 자료가 부족하여 주요 선종을 비율에 따라 컨테이너와 여객선 산물선 일반화물선으로 정하여 계산을 진행하였다. 선박에서의 입·출항 거리 및 소요시간을 알기 위해서 해도상에서 파일럿 스테이션에서 각 부두까지 위치를 구하고 도선사협회에 문의하여 얻은 평균 부하율을 이용하여 소요시간을 구하였으며 이 결과는 slow로 약1시간 소요된다는 것을 알 수 있었다. 또한 각 선박의 기관출력을 구하기 위해서는 총톤수와 기관출력의 관계를 통계적인 분석인 회귀분석을 이용하여 관계식을 도출하였으며 선종별을 고려하지 않고 도출한 수식과 선종별 특성을 고려하여 도출한 수식으로 나눌 수 있다. 그러나 일본박용기관학회에서 인용한 선종을 고려하지 않은 수식은 화물선의 비율이 전체 비율에 70% 이상을 차지하며 화물선의 예측이 높다고 할 수 있다. 즉 선종별 특성을 고려하여 수식을 만드는 것이 타당하다고 판단되며 선종별로 나누어 각각 선형회귀분석을 진행하였다. 이 분석을 위해서 한국선급에 등록선 선박의 자료를 이용하였으며 컨테이너의 결과값이 가장 높고 산물선의 경우는 직선회귀의 경우 결정계수가 낮게 나와 누승회귀를 하였다. 결과를 보면 선종별 설계특성이 차이가 있다는 것을 알 수 있다. 선박의 총톤수만으로 엔진의 출력을 예측할 수 있으며 출력에 따른 NOx 배출량의 산정은 부하율을 이용하는 방

법과 실측 부하별 자료를 이용하는 방법 두 가지를 이용하며 부하율을 이용하는 방법은 산정식1이라고 정하고 실측부하별 자료를 이용하는 방법은 산정식2이라고 정하기로 한다. 부하율을 이용하는 방법은 일본환경청의 자료를 인용한 것으로 엔진출력을 이용하여 NOx를 계산할 수 있다.

또한 일본박용기관학회의 앙케이트 조사로 얻은 주기 디젤과 보기 디젤의 부하율을 계산에 사용한다. 주기 디젤의 경우 선박의 크기와 항해모드별로 부하가 틀림을 알 수 있다. 또한 보기 디젤 즉 발전기는 하역중의 부하율과 비하역중의 부하율로 나눌 수 있다. 부하별 실측자료를 이용한 방법 산정식 2는 실제엔진 200적을 기준으로 직접 부하별 측정된 자료를 이용하여 회귀분석하여 도출한 식이며 100%의 부하시는 산정식1과 크게 다르지 않으나 각 부하별로 차이를 보인다. 이러한 수식을 이용하여 다음 3가지의 방법으로 계산을 수행하여 비교하여 보았다. 즉 계산방법 I 은 총톤수와 기관출력의 관계식 I 과 부하율을 이용한 산정식 1 계산방법 II 은 총톤수와 기관출력의 관계식 I 과 산정식 2를 이용하고 계산방법 III 은 총톤수와 기관출력의 관계식 II 와 산정식 1, 2를 다 적용하여 계산하였다. 결과를 보면 알 수 있듯이 부산항에 출입하는 선종별 비율 중 가장 높은 컨테이너가 가장 배출량이 높으며 또한 정박시간이 선종 중 가장 긴 산물선과 화물선의 경우 ME보다는 높게 나타남을 알 수 있다. 또한 각각의 계산 방법들중 계산방법 III 이 가장 크게 나타나는데 이는 NOx 산정식 적용시 부하율의 적용이 산정식1인 경우 10000 이상에서 11%를 적용하고 산정식2는 25%를 적용하므로 이에 대한 차이로 인한 것이라고 판단되며 또한 발전기의 경우는 비하역중 부하율을 46-52%를 사용하므로 50% 부하를 사용하는 산정식2와 큰차이가 없으며 결과도 큰 차이가 나지 않는다. 그러나 기관출력과 총톤수의 관계식이 틀린 계산방법 I 과 III 의 I 을 보면 차이가 크게 나타나는데 이는 총톤수와 기관출력의 관계식 I 의 기초자료가 화물선에 국한되어 있으므로 컨테이너선의 경우 크게 차이가 난다고 할 수 있다. 이러한 계산방법의 결과가 정확한지를 파악하기 위해서 첫째 총톤수와 기관출력의 관계식을 검증하고 둘째 NOx 산정식을 검증하여 보았다.

우선 총톤수와 기관출력의 관계식 검증은 현대 애드머럴과 오션고잉의 자료를 이용하였다. 결과는 총톤수와 기관출력의 관계식 I 과 II 의 예측정확도는 산물선에서는 ME와 발전기의 차이가 크지 않으나 컨테이너선은 앞에서 지적했듯이 ME와 발전기의 차이가 크게 나며 총톤수와 기관출력의 관계식 II 가 실 자료와 더 가깝다는 것을 알 수 있다. NOx 산정식의 검증은 실제 엔진 제조사에서 측정한 자료와 산정식1과 2를 이용하여 계산한 자료를 비교하여 보았다. 그 결과 실측자료와 실측부하율을 이용한 방법인 산정식2는 거의 선의 경향이 같으며 산정식1은 로드의 증가에 따라 NOx가 일직선 상으로 증가함을 볼 수 있었다. 즉 산정식2가 값은 크게 나오지만 경향이 실측자료와 일치함을 알 수 있다. 이 논문의 결론은 다음과 같이 정리 될 수 있다. NOx 배출량의 산정은 부하별 실측자료를 이용한 NOx 배출량 산정식2를 적용하는 것이 바람직하다고 판단되며 NOx 배출량 산정식은 산정식2를 이용하고 총톤수와 기관출력관계식은 관계식 II 를 이용하여 계산한 결과는 약 204 ton/month 이며 전체 NOx

배출량에서 정박시 배출량의 비율이 높게 나타났다.

### 3. 열전자 활성화형 Ion Plating법에 의해 제작한 나노 입상조직을 가지는 마그네슘 박막의 형성 메카니즘 및 내식특성

기관공학과 윤용섭  
지도교수 이명훈

최근 전 세계적으로 석유, 천연가스 등의 에너지자원의 무분별한 사용으로 인한 에너지자원의 고갈 및 환경오염이 심각한 문제로 대두되고 있다. 이에 따라 선진국을 중심으로 세계 각국은 각종 산업분야에서 새로운 대체 에너지자원의 개발, 에너지자원의 효율적인 사용을 위한 각종 노력을 기울이고 있다. 특히, 점점 고갈되는 화석연료에 대한 보다 효율적인 사용이 중요시되면서, 자동차, 선박, 항공기 등의 수송기기의 연비향상에 대한 요구가 증대되었다. 이러한 연비향상의 방안으로 저밀도 경량재료 즉, 마그네슘(magnesium, 이하 Mg), 알루미늄(aluminium, 이하 Al), 플라스틱 등의 사용이 제안되었는데, 먼저 Al의 경우에는 기존의 주철제품을 성공적으로 대체하여 다양한 분야에 적용되고 있으나, 경량화에 대한 요구가 더욱 증가하게 되어 새로운 대체재료에 대한 연구가 활발히 진행되었다. 또한, 플라스틱은 고강도 엔지니어링 플라스틱의 제조기술개발과 함께 저렴한 가격, 외관의 미려함, 완전한 내식성 등으로 인해 산업분야에서 적용이 확대·검토되어 왔으나, 고온에서 장시간 사용시 유발되는 치수불안정성과 고온강도의 저하 등에 대한 문제점이 지적되고 있으며, 재활용이 어렵거나 불가능하여 엄청난 양의 폐기물을 유발한다는 결정적인 약점이 제기되었다. 따라서 최근 기술선진국에서는 Mg을 이용한 제품개발에 대한 관심이 집중되고 있고, 그 수요 또한 점차로 증가하고 있다.

Mg은 비중이 1.74g/cm<sup>3</sup>(Al의 2/3, Fe의 1/4, 아연의 1/3)로 실용금속 중 가장경량인 은백색의 금속으로 비강도(Fe의 약 1.5배), 내력, 치수안정성, 절삭가공성(Al의 2/3, Fe의 1/10), 내적힘성, 방진성, 전자파 차폐성 등의 우수한 특성을 갖고 있고, 저렴한 비용으로 100% 재활용이 가능한 미래의 환경 친화적인 소재로 알려져 있다. 더구나 Mg은 자원적으로도 자연계에 유리(遊離)상태로 산출되지는 않지만, 지각내 존재 비중량이 약 1.93 mass%로 나트륨, 칼륨에 이어 제 8위다. 또한, 해수 중에는 가용성 염류로서 금속원소로서는 나트륨 다음으로