

## EDMS를 이용한 인천국제공항의 대기오염 배출량 산정과 주변지역에 미치는 영향 평가

이성용 · 장영기  
수원대학교 환경공학과

### Assessment of Air Pollution and Estimation of Emission from Incheon International Airport by EDMS

Lee, Seong-Yong · Jang, Young-Kee  
Department of Environmental Engineering, The University of Suwon

#### Abstract

Air traffic increased 12% annually in Korea since 1988 after the Olympics, this rate is two times than the rate of the world average. In order to accommodate fast growing aviation demand, Incheon International Airport is operated at Yongjong Island since March, 2001. The Incheon airport project will continue till 2020. After the final phase in 2020, Incheon International Airport will handle 100 million passengers, 530,000 flights and 7 million tons of cargo annually.

In this study, air pollution from aircraft and other sources are calculated and assessed in Incheon International Airport area by EDMS(Emission and Dispersion Modeling System), which is a combined emission and dispersion model for airport. EDMS could also be considered power plant, incinerator and aircraft support equipment such as ground support equipment, aerospace ground equipment, auxiliary power units. And EDMS is recommended as preferred model for air quality assessment of the airport area by U.S. EPA.

The result of this study shows that NO<sub>x</sub> emission from aircraft and support utility is estimated as 27,000 - 35,000 ton/yr and Namdong-Gu area in Incheon city is affected as 30 -60 ppb by the NO<sub>x</sub> emission from these sources in 2020, the final phase of Incheon international airport construction.

Key words : emission, EDMS, airport

### I. 서론

우리 나라는 1990년대에 들어서면서 청정연료 및 LNG등의 보급으로 인하여 산업, 난방, 발전 등의 분야에서는 연료사용량 증가에 비하여 대기 오염 배출량 증가 추세가 약화되는 경향이 있으나, 수송부문에서의 대기오염 배출량은 계속 증가하는 추세에 있다.<sup>1)</sup> 수송부문중 가장 높은 비중을 차지하고 있는 것은 자동차이다. 현재 우리나라에서는 자동차에 대한 배출량 산출 및 그 평가가 이루어지고 있으나, 항공기 및 선박, 건설기계 농기계 등과 같은 자동차 이외에 비도로 이동 오염원에 대해서는 그 평가가 시작단계에 불과한 실정이다.<sup>2)3)</sup> 미국과 같은 경우 세부적인 배출원 분류에 의한 각 부문별 대기오염 배출량이 매년 상세히 보고되고 있다.<sup>4)</sup> 미래의 항공수요에 대비하여 서울에서 52km거리에 위치한 영종도 일원에 건설된 인천국제공항은 2001년 3월말에 1단계로 개항을 하게 되었으며, 단계적으로 추가적인 건설을 계속하여 2020년까지 활주로가 4개가 운영되는 모든 개발을 완료할 계획이다. 공항지역은 많은 항공기의 이착륙 뿐만아니라 이를 지원하는 지상장비와 부대설비에 의하여 많은 대기오염이 배출될 수 있다. 본 연구에서는 인천국제공항에 대해 항공기와 항공기를 지원하는 지상지원장비(GSE: Ground Support Equipment) 및 지원설비에서 배출되는 대기오염 배출량 산정 기법을 적용하여 공항지역에서 발생하는 대기오염물질 배출량을 산출하고, 그 배출량에 따라 주변지역에 미치는 대기오염 영향정도를 평가하여 보고자 하였다.

### II. 연구 범위 및 방법

인천국제공항은 10여년 간의 1단계 공사를 마치고 2001년 3월 개항하게 되었다. 본 연구에서는 인천국제공항에서 발생하는 대기오염물질이 주변

지역에 미치는 영향을 평가하기 위하여, 이착륙 항공기 및 지원장비, 전력공급 및 난방을 위하여 운영되는 열병합발전소, 공항에서 발생하는 일반 폐기물을 소각하기 위한 소각시설에서의 배출량을 추정하고자 하였다. 또한 인천 지역의 시간별 기상자료를 사용하여 수도권 지역에 영향을 줄 수 있는 기상 조건 사례를 선정하여 공항주변 및 주변 지역에 미치는 단기적인 대기오염 정도를 예측해 보고자 하였다.

본 연구에서는 이를 위하여 미국 환경청(US EPA)에서 공항의 대기오염배출량 산출 및 주변 지역에서의 농도예측에 선정모델로 추천하고 있는 EDMS(Emission and Dispersion Modeling System)<sup>5)</sup> Windows Version 3.01을 사용하였으며, 장래 항공수요 증가에 따라 인천국제공항의 활주로가 4개로 늘어나는 2단계 공사가 완료되는 시점(2020년 예정)에서 발생하는 대기오염 배출량과 공항 및 주변지역에 미치는 단기적인 대기오염 영향을 평가하고자 하였다. Fig. 1은 본 연구의 수행과정을 나타낸 것이다.

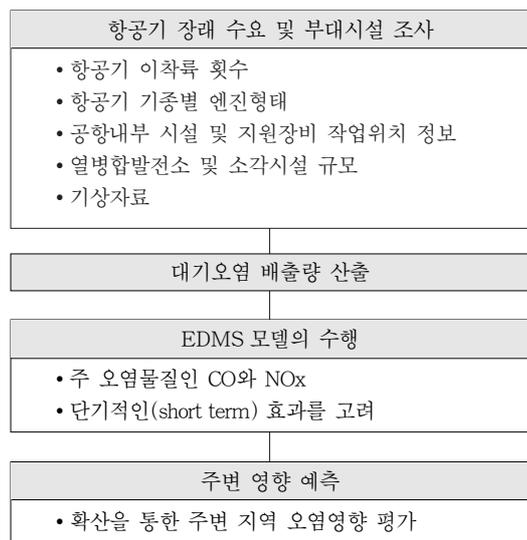


Fig. 1. Flowchart of this research

### III. EDMS의 구성과 특성

EDMS는 미국 연방항공국(FAA, Federal Aviation Administration)과 미공군의 협력으로 개발된 전산 프로그램으로 공항지역을 중심으로 항공기와 지원장비에서 배출되는 대기오염 배출량과 공항 주변지역의 대기오염 농도를 산출하도록 되어 있다. 항공기 및 지상지원장비, 발전시설, 소각시설, 연료저장탱크, 공항진입도로, 주차장 등 공항의 다양한 시설에 대해 오염물질 배출량을 산출함으로써, 단순한 항공기만의 영향평가가 아닌 공항 지역 대기질을 종합적으로 평가할 수 있는 도구이다. 현재 EDMS는 미국 FAA에서 공항과 주변 지역의 대기질을 평가하고, 항공산업을 감독하는 도구로 사용되어지고 있다. EDMS는 민간항공기와 군용항공기 그리고 지상지원장비의 대기오염 배출계수 database를 내장하고 있고, 배출량과 대기오염도 산출결과를 인쇄하는 report module을 가지고 있다.

항공기는 공항 내에서 운행 형태에 따라 Taxi/Idle, Takeoff, Climb out, Approach의 mode로 나누어진다. 항공기의 배출량 산출은 1회 이착륙시 각 mode별 배출계수와 그에 따른 소요시간을 토대로 하여 오염물질 배출량을 산출하도록 되어 있다. mode별 배출계수는 ICAO(International Civil Aviation Organization) Engine Exhaust Emission Data Bank를 사용한다. 이밖에 사용자가 필요에 따라 항공기 mode별 배출계수를 정의하여 수정할 수 있도록 구성되어 있다. EDMS에서 배출량 산출은 식 1과 같다.<sup>5)</sup>

$$E_{ij} = \sum(TIM) \times (Ff_{jk}/1000) \times (EI_{ijk}) \times (NE_j) \quad (1)$$

$E_{ij}$  = Total emission of pollutant i, in kg, produced by aircraft type j for one LTO cycle

$TIM_{jk}$  = Time in mode for k, in minutes, for aircraft type j

$Ff_{jk}$  = Fuel flow for mode k, in kg/min, for each engine used on the aircraft type j

$EI_{ijk}$  = Emission index for pollutant i, in kg-pollutant/1000kg-fuel, in mode k for aircraft type j

$NE_j$  = Number of engines used on aircraft type j

항공기 지원장비에는 승무원을 수송하는 차량, 연료 공급차량, 화물을 이송하는 Belt Loader 등과 후진이 불가능한 항공기의 특성상 단거리 이동을 위한 보조동력장비가 있다. 항공기 기종, 규모, 이용형태의 따라 투입되는 지원장비가 종류가 다양하다. 대기오염 배출계수는 U.S. EPA에서 제공하는 항공기 지원장비별 작업소요시간에 따른 배출계수를 사용한다. 공항의 고정오염원의 종류는 전력을 공급하는 발전시설, 공항 내에서 발생하는 생활쓰레기를 처리할 수 있는 소각시설 및 항공기 및 지원장비의 연료 저장을 위한 연료저장탱크 등이 고정오염원에 들어간다. 또한 항공기 수리 및 점검시 시험엔진가동(Training fire)도 고정오염원에 포함된다. EDMS에서는 연간 연료 소모량, 연간 소각처리량, 연료저장량 등에 의해 배출량을 산출하도록 되어 있으며, 사용자에게 의해 기본적으로 내장되어 있는 배출계수의 수정이 가능하도록 되어 있다. EDMS에서는 오염물질의 확산을 계산하기 위해 EPA의 PAL2(Point Area and Line 2) 및 CALINE3의 대기오염모델에 적용된 확산식을 사용하고 있다.<sup>5)</sup>

EDMS에서 사용되는 기상자료는 시간별로 측정된 연간 기상자료로, 시간별 기온, 풍향, 풍속, 안정도 등이 입력자료로 사용되어진다. 사용자가 직접 입력하는 방법과 미국기상청에서 제공하는 연간 기상자료양식을 사용할 수 있다. 기온의 경우는 화씨온도를 사용하며, 풍향의 경우는 36방위로, 풍속은 m/s, 안정도는 시간별 기상자료를 통해 Pasquill-Turner Method에서 구한 A~F(매우 불안정~안정)의 6등급을 사용한다. EDMS에서는 공항 활주로의 위치, 길이, 방향, 높이 등을 고려할 수 있고, 200여개 착지점의 농도를 산출할 수 있다. 따라서 실제로 모델 수행시 이보다 더 많은 착지점을 고려하기 위해서는 EDMS를 수행 후 생성된 output database file을 조작함으로써 해서 200개 이상 착지점의 농도를 얻어 낼 수 있다.

#### IV. 공항의 대기오염물질 배출량 산출

적으로 건설하여 2020년까지 모든 개발을 완료할 계획이다. 2020년까지 모든 공사가 완료되면 연간 53만회의 항공기 운항과 1억명의 여객, 그리고 700만톤의 화물을 처리할 수 있는 사업규모로 세계정상급 공항이 될 것으로 예상된다.<sup>6)</sup> Table 1

##### 1. 항공기

인천국제공항은 항공수요의 증가에 따라 단계

Table 1. Facility scale of Incheon International Airport

Classification		First Phase (2001)	Final Phase (2020)
Airport	Airfield area (1,000m <sup>2</sup> )	11,740	47,440
	Runway (m)	3,759 × 60 (2 lanes)	3,750 ~ 4,200 × 60(4 lanes)
	Passenger terminal(1,000m <sup>2</sup> )	357	1,120
	Cargo terminal(1,000m <sup>2</sup> )	175	805
Transportation	Expressway	40.2km, 6 ~ 8 lanes	40.2km, 8 lanes
	Railway		57.3km double track
Community (1,000m <sup>2</sup> )		2,180	8,730

자료 : 인천국제공항공사, 1999 (<http://www.airport.or.kr/21st/Scale.html>)

Table 2. Emission factors of Aircraft Engine

(unit : kg/hr)

Aircraft	Engine	Mode	CO	HC	NOx	SOx
B747-400	PW4056 × 4기	Approach	4.738	0.308	27.478	1.279
		Climb out	3.960	0.069	159.109	3.752
		Take off	3.710	0.506	236.917	4.553
		Taxi/Idle	16.369	1.438	3.594	0.404
B767-300ER	CF6-80A2 × 2기	Approach	4.621	0.266	30.313	1.306
		Climb out	0.302	0.377	163.664	4.075
		Take off	0.557	0.372	265.358	5.016
		Taxi/Idle	13.941	1.092	3.513	0.399
B737-400	CFM56-3C × 2기	Approach	4.128	0.079	7.862	0.531
		Climb out	2.635	0.132	38.737	1.423
		Take off	2.825	0.157	52.111	1.695
		Taxi/Idle	15.225	1.143	1.518	0.216
B777-300	GE90-85B × 2기	Approach	77.571	4.651	31.518	1.652
		Climb out	1.123	0.655	376.927	5.054
		Take off	0.919	0.919	597.283	6.201
		Taxi/Idle	40.856	3.294	6.491	0.583
A300-600R	PW4158 × 2기	Approach	4.616	0.344	28.971	1.326
		Climb out	3.896	0.144	170.981	3.896
		Take off	3.573	0.804	269.734	4.823
		Taxi/Idle	15.944	1.352	3.646	0.410
A330-300	CF6-80E1A2 × 2기	Approach	4.822	0.287	32.997	1.407
		Climb out	0.323	0.323	177.885	4.364
		Take off	0.498	0.398	286.086	5.379
		Taxi/Idle	14.257	1.026	4.006	0.443

은 인천국제공항의 단계별 사업규모를 나타낸 것이다.

이에 따라 본 연구에서는 배출량 산출 기준 연도를 인천국제공항의 활주로 4개가 모두 완료되는 시점(2020년 예정)으로 하여, 인천국제공항의 항공기에서의 배출량을 산출하였다. 입력자료로는 연간 이착륙 횟수는 완공후 인천국제공항에서 수용가능한 53만회/년로 가정하고, 항공기의 기종은 장래 국제선에 B747-400이 모두 운행되는 경우와 현재 가장 많이 운행되고 있는 B737, B747, B767, B777, A300, A330 등 6개 기종이 골고루 운행될 경우로 가정하였다. 두 가지 경우를 가정한 이유는 B747-400은 현재 국제선 여객에 가장 많은 운항을 차지하고 있는 기종으로 장래 국제선 여객을 전담할 수 있는 항공기로 예상되고, B737, B747, B767, B777, A300, A330 기종은 2001년 인천공항 개항이후 2002년 2월 현재까지 높은 이착륙 횟수를 보이는 상위 6기종으로 이들 항공기가 전체 이착륙 횟수의 90%를 차지하고 있기 때문이다.<sup>7)</sup> 기종별 대표적인 엔진의 대기오염물질 배출계수는 Table 2와 같고, 이에 따라 두가지 경우에 대하여 산출된 항공기에서 배출되는 대기오염 배출량은 Table 3과 같이 추정되었다.

대기오염물질 배출량의 특징을 장래 기종이 모두 B747이라고 가정한 경우에 대하여 살펴보면, CO와 NOx가 높은 배출량을 보이는 주 오염물질

로 나타났는데, CO의 경우 항공기가 저속으로 이동하거나 이동후 활주로 진입을 위한 대기상태에 있는 Taxi/Idle Mode에서의 배출량이 15,961 ton/yr로 94%를 나타내고 있었다. NOx의 경우는 항공기가 이륙후 급상승하는 climb out mode에서 항공기 NOx 배출량이 13,732 ton/yr로 49%를 차지하고 있다. 장래 항공기가 6가지 기종이 고루 운행된다고 가정하는 경우에도 이러한 경향은 유사하며 오염배출량은 B747 만 운행되는 경우의 70 - 80% 정도였다.

## 2. 지원장비

공항에서 작업이 이루어지는 항공기 지원장비의 경우 항공기 운행목적에 따라 매우 상이한 차이를 보인다. 여객기의 경우는 화물을 싣고 내리는 지원장비의 종류와 작업소요시간이 짧은 반면, Food Truck, Cabin Service, Water Truck 등과 같은 지원장비의 작업소요 시간이 길어지거나, 추가적으로 투입된다. 화물기의 경우는 Belt Loader, Container Loader등의 화물을 싣고 내리는 지원장비가 투입될 수 있다. 국내 공항에서는 항공기 지원장비에 대해 연구되어진 사례가 없으나 지원장비 운영은 외국과 유사할 것으로 판단되어 본 연구에서는 Table 4와 같은 EDMS의 항공기 기종별 기본 지원장비자료를 사용하였다. 2020년

Table 3. Air pollutant emission from Aircraft in Incheon International Airport(2020)

(unit : ton/yr)

Aircraft	Mode	CO	HC	NOx	SOx
B747로 모두 운행될 경우	Approach	734	46	4,391	200
	Climb out	261	13	13,732	328
	Takeoff	80	13	6,653	127
	Taxi/Idle	15,961	1,368	3,619	409
	Total	17,036	1,440	28,395	1,064
B747, B737, B767, B777, A300, A330으로 운행될 경우	Approach	1,264	76	2,900	136
	Climb out	166	12	10,216	222
	Takeoff	50	10	5,008	86
	Taxi/Idle	12,540	1,046	2,586	283
	Total	14,021	1,144	20,710	727

Table 4. Emission Factor of Aircraft Support Equipment.

(unit : kg/hr)

MODEL	Equipment NAME	Operation TIME (HR)	CO	HC	NOx	SOx	PM
			kg/LTO				
A300 B747 B767 B777 DC10 MD-11 TU-154	Gasoline Baggage Tug	1.42	18.700	0.312	0.312	0.020	0.000
	Diesel Water Truck	0.20	0.044	0.009	0.046	0.001	0.003
	Diesel Transporter	0.17	0.037	0.007	0.039	0.001	0.003
	Diesel Lavatory Truck	0.33	0.074	0.015	0.077	0.002	0.006
	Diesel Fuel Truck	0.58	0.105	0.032	0.289	0.006	0.013
	Diesel Food Truck	0.58	0.172	0.034	0.180	0.005	0.013
	Diesel Container Loader	1.53	0.339	0.067	0.354	0.009	0.026
	Diesel Cabin Service	0.25	0.055	0.011	0.058	0.002	0.004
	Diesel Belt Loader	0.80	0.072	0.018	0.198	0.006	0.013
	Diesel Airstart Unit	0.05	0.108	0.032	0.297	0.007	0.014
	Diesel Airstart Transporter	0.05	0.010	0.002	0.011	0.000	0.001
	Diesel Aircraft Tug Wide	0.13	0.213	0.064	0.587	0.013	0.027
	APU GTCP 660 (300 HP)	0.43	1.467	0.047	0.904	0.000	0.000
	합 계	6.533	21.397	0.651	3.352	0.072	0.123
A330 B727 B737 DC8 F100 MD80 IL62	Gasoline Baggage Tug	1.42	18.700	0.312	0.312	0.020	0.000
	Diesel Lavatory Truck	0.33	0.074	0.015	0.077	0.002	0.006
	Diesel Fuel Truck	0.58	0.105	0.032	0.289	0.006	0.013
	Diesel Food Truck	0.58	0.172	0.034	0.180	0.005	0.013
	Diesel Cabin Service	0.25	0.055	0.011	0.058	0.002	0.004
	Diesel Belt Loader	0.80	0.072	0.018	0.198	0.006	0.013
	Diesel Aircraft Tug Narrow	0.10	0.056	0.017	0.154	0.004	0.007
	APU GTCP 85 (200 HP)	0.43	0.832	0.048	0.220	0.000	0.000
	합 계	4.500	20.066	0.486	1.488	0.044	0.057

자료: Emissions and Dispersion Modeling System.

Table 5. Air pollutant emission by aircraft support equipment in Incheon International Airport(2020)

(unit : ton/yr)

Case	CO	HC	NOx	SOx	PM-10
B747로 모두 운행될 경우	12,410	378	1,903	42	72
B737, B747, B767, B777, A300, A330로 운행될 경우	10,377	330	1,726	37	65

항공기 이착륙횟수가 최대 53만회에 달하는 경우, 이에 따라 항공기 지원장비에서 배출되는 대기오염물질 배출량을 추정하면 Table 5와 같다.

### 3. 고정오염원

인천국제공항 열병합발전소는 공항지역에 필요한 전기의 안정적인 공급과 열에너지를 이용하기

위한 시설로서 LNG를 연료로 하는 건설규모 1단계에 126 MW급, 열 생산용량은 306 Gcal/hr로 가스터빈 47 MW×2기, 증기터빈 33 MW×1기, 배열회수보일러 95 Ton/hr×2기, 열전용보일러 125 ton/hr×2기 등이 설치된다. 이에 따라 본 연구에서는 배출량을 산출하기 위한 EDMS 입력자료로 시간당 열 생산용량을 통해 LNG의 저위발열량으로 365일 가동된다는 가정하에 연간 연료 소모

Table 6. Air pollutant emission by power plant and incinerator in Incheon International Airport(2020)

Source	Source Type	CO	HC	NOx	SOx	PM-10
Power Plant	Emission factor(kg/ton)	0.64	0.0278	8.8	0.0096	0.048
	Emission(ton/yr)	222	10	3,044	3	17
Incinerator	Emission factor(kg/ton)	4.46	7.4	28.74	1.23	0.96
	Emission(ton/yr)	246	408	1,584	68	53

Table 7. Air Pollution Emission Estimated by EDMS from sources of Incheon International Airport(2020)  
(unit : ton/yr)

Case	CO	HC	NOx	SOx	PM-10
Aircraft	14,021 ~ 17,036	1,144 ~ 1,440	20,710 ~ 28,395	727 ~ 1,064	-
Aircraft support Equipment	10,377 ~ 12,410	330 ~ 378	1,271 ~ 1,903	37 ~ 42	65 ~ 72
Power plant	222	10	3,044	3	17
Incinerator	246	408	1,584	68	53
Total Emission	24,866 ~ 29,914	1,892 ~ 2,236	26,609 ~ 34,926	835 ~ 1,177	135 ~ 142

\* 최소값은 장래 항공기 기종이 B737, B747, B767, B777, A300, A330으로 운행될 경우  
최대값은 장래 항공기 기종이 모두 B747로 운행될 경우

량을 구하였다. 연간 사용되는 LNG 양은 314백만<sup>3</sup>로 하였다. 또한 공항시설지역 및 배후지원단지에서 발생하는 생활쓰레기와 중·하수 처리시설에서 발생하는 슬러지를 혼합 소각처리하는데 시설용량은 1단계(2020년) 기준으로 1일 140톤(70톤/2기) 규모로써 연간 생활쓰레기 5만ton/년을 소각처리하는 것으로 가정하였다. 대기오염물질 배출계수는 국립환경연구원의 자료를 사용하였다. 이에 따라 산출된 2020년 인천국제공항의 열병합발전소와 소각시설에서 배출되는 대기오염배출량은 Table 6과 같다.

인천국제공항의 대기오염 배출원으로 항공기, 지상지원장비, 열병합발전소, 소각시설을 고려하여 대기오염물질 총배출량을 정리하면 Table 7과 같다. 인천국제공항에서 가장 많이 배출되는 대기오염물질은 NOx와 CO로, NOx의 경우는 항공기에서 배출되는 양이 20,710 - 28,395 ton/yr로 공항 지역 총 배출량의 78 - 81%를 차지했다. CO의 경우는 항공기에서의 배출량이 57%, 지원장비에서의 배출량이 41% 정도를 차지하는 것으로 나타났다.

## V. 주변지역에 미치는 대기오염영향

풍향과 풍속변화는 대기오염 확산이동의 중요한 요소이다. 인천국제공항지역은 평균풍속이 3.3m/sec이며 연중 북서풍 계열의 바람의 빈도가 22.4%에 달하는 조건을 지니고 있다. Fig. 2는 과거 8년간 영종도 지역의 바람장미이다.

본 연구에서는 인천국제공항이 단기간 주변지역에 미치는 대기오염 영향을 알아보기 위하여, 이 지역의 주풍향이던 수도권으로 대기오염물질 유입영향이 높을 것으로 예상되는 북서풍 계열의 바람이 주로 나타난 '98년 3월 15일~21일 인천지역의 1주일간 기상자료<sup>8)</sup>를 사용하여, 인천국제공항에서 배출되는 대기오염물질이 수도권 지역에 미치는 대기오염영향을 평가해 보고자 하였다. 인천지역의 기상자료를 사용한 이유는 영종도 지역의 기상자료는 월평균 또는 연평균 자료로서, EDMS 입력 format 조건을 만족하지 않으므로 가장 가까운 인천지역의 시간별 기상자료를 사용하였다. 대상기간중 인천지역의 주풍향은 북서풍이었고 북동풍이 약간 발생하였다. 대기오염물질

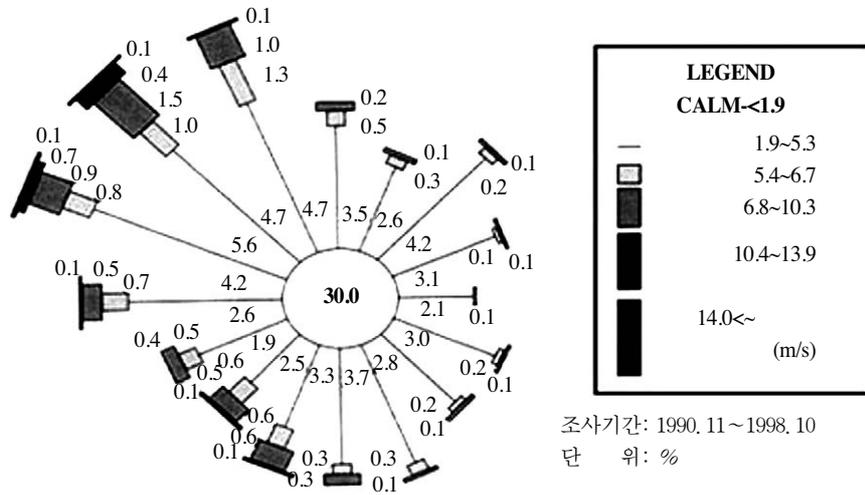


Fig. 2. Wind rose of Yongjong Island (1990.11 ~ 1998.10)



Fig. 3. The NOx weekly Concentration of Incheon Airport area by EDMS (1998.3.15~21)

배출량은 오염도가 크게 나타날 것으로 예상되는 장래 항공기 기종이 모두 B747로 운행될 경우를 적용하였다. 대기기간(98년 3월 15일~21일)의 기상자료를 적용하여 EDMS에 의하여 공항 및 주

변지역의 NOx 일주일 평균농도를 예측하고 이 결과를 주변 지역 인공위성 사진에 겹쳐서 표시하면 Fig. 3과 같다.

일주일 평균농도로 나타낸 Fig. 3에서 보는 바



Fig. 4. The NOx hourly Concentration of Incheon Airport area by EDMS(1998. 3.15 08:00)

와 같이 공항지역 내에서는 NOx의 농도 분포가 항공기의 활주로를 중심으로 고농도를 보이는 것으로 예측되었다. 또한 공항주변 주거 및 업무지역과 주변 지역에서도 20-40 ppb의 농도가 나타날 수 있는 것으로 예측되었다. 그러나 주변지역 대기질에 미치는 상세한 영향은 이 지역의 배경농도와 연간 기상 자료에 의한 장기적인 평가가 이루어져야 할 것이다. 인천국제공항에 의한 수도권 지역의 단기적인 영향을 살펴보기 위하여 영향을 가장 크게 받을 것을 예상되는 풍향이 서북서풍이고 대기안정도가 D등급(중립상태)인 기상자료(1998년 3월 15일 08시)를 사용하여 NOx의 주변지역 한시간 평균농도를 산출하면 Fig. 4와 같다.

Fig. 4에서는 일주일 평균농도를 나타낸 Fig. 3과는 달리 단기적인 기상조건에 의하여 인천지역도 공항에서 배출되는 NOx의 영향을 받을 수 있음을 보여주고 있다. 인천지역(C지점)이 고정오염원의 풍하거리에 위치하고 있어 30 ppb 정도의

영향을 받을 수 있으며, 항공기에 의해서는 항공기 주기 위치에 따라 고농도가 분포되고 있다는 것을 예측할 수 있었다. 특히 A지점의 경우 항공기가 공항에서 이륙전의 대기오염물질 배출량에 의하여 확산된 것이라면, B지점은 항공기가 이륙 후의 climb out, take-off mode에서 배출된 NOx에 의한 것이라 할 수 있다. 이는 EDMS에서 대기오염 확산식으로 활용하고 있는 PAL2 모형의 계산 방식에 따라 활주로의 방향, 길이, 배출고도 등을 고려하여 항공기에 의한 배출고도에 따라 A지점보다 공항에서 10km 이상 떨어진 B지점에서 높은 농도가 나타날 수 있기 때문에 판단된다. 장래 항공기의 기종이 현재의 주요 6개 기종으로 운행될 경우 B747이 운행될 경우에 비하여 오염 배출량이 70-80% 되는 점을 고려하면 주변지역은 단기적(한시간 평균농도)으로 30-60ppb의 농도가 나타날 수도 있는 것으로 추정되었다.

NOx와 더불어 공항에서의 주요오염물질로 나타난 CO는 항공기 및 지원장비의 작업위치인 Gate

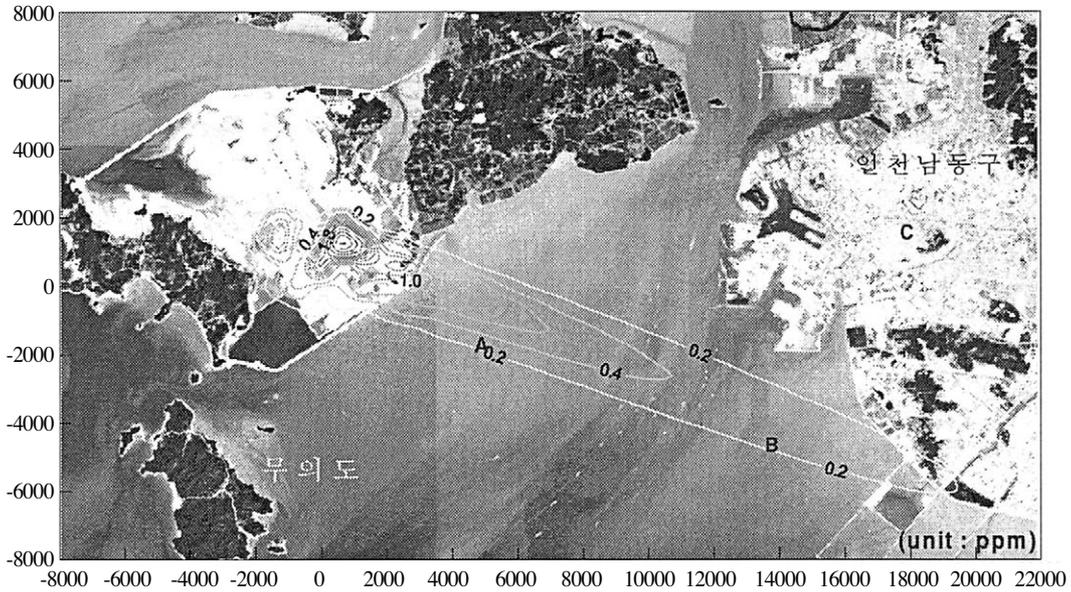


Fig. 5. The CO hourly Concentration of Incheon Airport area by EDMS(1998.3.15 08:00)

와 활주로까지의 이동로, 활주로 대기열 및 활주로를 중심으로 고농도를 나타내는 것으로 예측되었으며, 주변지역에 미치는 영향은 미약한 것으로 나타났다. Fig. 5는 NO<sub>x</sub>의 경우와 같이 풍향이 서북서풍이고, 대기안정도가 D등급(중립상태)인 기상자료를 사용하여 EDMS에 의한 CO의 주변지역 영향농도를 예측한 것이다. CO는 NO<sub>x</sub>와는 달리 공항지역 Gate나 활주로 시작위치 등에서만 큰 오염도를 나타낼 뿐 주변지역에 큰 영향을 미치지 않는 것으로 평가되었다.

## VI. 결론 및 고찰

공항지역은 많은 항공기의 이착륙 뿐만 아니라 이를 지원하는 지상장비와 부대설비에 의하여 많은 대기오염이 배출될 수 있다. 본 연구에서는 인천국제공항의 활주로는 4개로 완공되어 항공기 이착륙횟수가 53만회에 달할 경우(2020년 예정) 항공기, 지상지원장비, 부대설비에서 배출되는 대기오염물질 배출량을 추정하였다. 그리고 산출된

대기오염 배출량이 기상조건에 따라 수도권 주변지역에 영향을 미칠 경우 단기적인 영향 정도는 얼마나 되는지 추정하고자 하였다.

대기오염물질 배출량은 미국 환경청의 공항지역 대기오염평가 추천모델인 EDMS를 이용하여 장래 기종이 모두 B747이라고 가정하는 경우와 현재 운항되고 있는 주요 6개의 기종이 그대로 이용될 경우에 대하여 살펴보았는데, CO와 NO<sub>x</sub>가 높은 배출량을 보이는 주 오염물질로 나타났다. CO의 경우 항공기에서는 공항내 이동 및 대기상태(Taxi/Idle mode)에서 주로 배출되어 약 1.4 - 1.7만톤/년, 지상지원장비에서 1.0 - 1.2 만톤/년이 배출되는 것으로 추정되었다. NO<sub>x</sub>의 경우는 항공기에서 주로 배출되어 2.1 - 2.8 만톤/년이 배출되는 것으로 추정되었는데 항공기가 이륙후 급상승하는 단계(climb out mode)에서 절반 정도가 배출되는 것으로 추정되었다.

인천국제공항에서 배출되는 대기오염물질이 공항 및 주변지역에 미치는 영향을 EDMS를 이용하여 예측해본 결과, CO는 많은 배출량에 비하여

영향이 공항을 중심으로 국한된 양상을 보인 반면, NO<sub>x</sub>는 공항지역 뿐만 아니라, 주변지역에도 상당한 영향을 줄 수 있는 것으로 평가되었다. 특히 대기안정도가 중립, 안정한 상태이며 북서풍 계열의 바람이 불 경우에는 인천국제공항에서 배출된 NO<sub>x</sub>가 10여km 떨어진 인천 남동구지역 까지 단기적으로 30-60 ppb 정도의 영향을 줄 수 있는 것으로 예측되었다. 이 지역 주풍향이 북서풍 계열인 것을 고려하면 단기적인 기상조건에 따라 수도권 일부지역이 공항으로부터 대기오염 영향을 피할 수 없을 것으로 예상되었다.

공항지역의 대기오염 배출량과 단기적인 주변 영향에 대한 분석 결과, 앞으로 인천국제공항이 확장될 경우에는 공항지역과 주변 지역에 대한 종합적인 대기영향평가가 필요하다고 판단되며 이를 위해서는 이 지역의 배경농도와 차량에 의한 대기오염 배출량 등이 고려되고, 현지의 연간 기상 자료에 의한 장, 단기 대기오염영향이 종합적으로 평가될 필요가 있다.

## 참고문헌

1. 환경부, 1999, 환경백서 1999, 290-301.
2. 한국환경과학연구협의회, 1994. 9, 자동차 외 운송수단의 오염물질 규제방안에 관한 연구 I·II.
3. 장영기 외 2인, 1995, 먼 및 이동오염원 조사 방법 개발 및 지침서 작성에 관한 연구, 환경부, 7-12.
4. U.S. EPA 1999, National Air Pollutant Emission Trends Report, 1900 - 1997.
5. U.S. EPA, 1997, EDMS(Emission and dispersion modeling system) reference manual.
6. 인천국제공항공사, 2002, [http://www.airport.or.kr/iiaac/vasg\\_iiaac.htm](http://www.airport.or.kr/iiaac/vasg_iiaac.htm).
7. 한국공항공사, 2002, 항공통계.([http://www.airport.co.kr/kor/dat/dat\\_01.asp](http://www.airport.co.kr/kor/dat/dat_01.asp))
8. 기상청, 1998, 인천지역 시간별 기상자료.