

연구논문

대규모 도시개발사업에 대한 대기질 평가 사례 연구

김상목 · 이상훈 · 박근형 · 우재균 · 구윤서* · 김성태** · 한진석***

(주)서영엔지니어링, 안양대학교 환경공학과*, (주)에니텍**, 국립환경과학원 대기환경과***

(2007년 8월 9일 접수, 2007년 11월 20일 승인)

A Case Study on the Air Quality Impact Assessment for the Large Scale Urban Development

Sang-Mok Kim · Sang-Hun Lee · Keun-Hyoung Park · Jae-Kyun Woo
· Youn-Seo Koo* · Sung-Tae Kim** · Jin-Seok Han***

Seoyeong Engineering Co., Ltd., Department of Environmental Engineering, Anyang University*
Enitech Co., Ltd.***, Air Quality Division National Institute of Environmental Research***

(Manuscript received 9 August 2007; accepted 20 November 2007)

Abstract

The air quality modeling was carried out to assess the impact of air quality for large scale urban development. The site for the assessment is Multi-functional Administrative City which locates in Yeongi-gun, Chungcheongnam-do and estimated population in 2030 is 500,000.

Two automatic weather monitoring stations were installed to monitor the meteorological variables for a year and upper air meteorological parameters were measured using radiosonde for 5 days with 4 hours interval in every season. The air quality of standard air pollutants were also measured for 5 days continuously in every season.

The results of wind field analysis based on the site measurements and CALMET modeling showed that the valley and mountain winds were prevailed when the synoptic wind was weak. It also showed that wind speed and directions were highly space-variable within the site basin. The variable wind characteristics implies that the Gaussian dispersion model such as ISC3 and AERMOD are not appropriate and the unsteady-state Lagrangian model such as CALPUFF is preferable.

CALPUFF model was applied to assess air quality impact of new sources. The new sources were those for individual and group heating facilities as well as the traffic increases. The results showed that the estimated concentrations of CO and SO₂ pollutants by summing the impact concentration of new sources by the dispersion model and the ambient air concentrations by the site measurements were acceptable but those of PM-10 and NO₂ would violate ambient air

quality standards at several locations due to high ambient air concentrations. It is recommended that the emission reductions near the site should be enforced to improve the ambient air quality.

Key words : Urban development, Air quality modeling, CALMET, CALPUFF

I. 서론

무계획적인 도시개발은 거주자들의 삶의 질을 저하시키며 결과적으로 국가 경쟁력을 약화시키는 원인이 되고 있다. 특히 대규모 도시개발사업은 계획 단계부터 지구계획, 단지설계, 주요시설의 배치 등에 따른 친환경적인 개념이 도입되어야만 건설 후에 도시환경문제의 부작용을 최소화 할 수 있다. 이러한 부작용을 최소화하고자 환경 영향이 큰 사업에 대한 계획을 수립·시행 시에 당해 사업이 환경에 미칠 영향을 미리 평가·검토하여 건전하고 지속가능한 개발을 가능하도록 하는 환경영향평가제도가 시행되고 있으며, 대기질 분야는 도시개발사업에서 중점평가항목으로 규정되어 있다.

도시개발에 따른 대기질의 변화를 평가하기 위해서는 사업대상지역 및 주변지역에서 대기질 현황을 조사하고, 기상관측을 통한 바람장의 특성을 파악하여 자연적인 바람길을 보호해야 한다. 또한 도시개발에 따른 오염물질 배출량 증가를 정확히 예측해야 하고, 대기확산모델도 그 지역의 지형 및 기상 특성에 적합한 모델을 사용해야 한다.

현재 환경영향평가에서 사업시행으로 인한 대기질 영향예측을 실시함에 있어 주로 사용되어지는 모델은 Gaussian Plume 모델로서 영향예측 방법이 획일적이다. 특히 대상 개발사업의 특성 및 지역적 특수성을 고려하지 않고, 거의 대부분의 사업에 대해 ISCST3를 적용하여 예측하고 있다. ISCST3는 우수한 모델이지만, 한 가지 모델로서 사업지역의 지형적 특성이나 대상오염물질에 대한 고려 없이 대부분의 대기질 평가에 일률적으로 적용하는 것은 다시 검토해 볼 필요가 있다(문난경 외, 2005).

따라서 본 연구에서는 국가적으로 추진 중인 행정중심복합도시의 대기질 평가사례를 중심으로 지형 특성 및 바람장 특성을 고려한 대기모델 선정 및 대기환경영향평가 방법론에 대해서 논의하고자 한다.

II. 연구내용 및 방법

1. 사업개요 및 대상지 현황

1) 도시개발사업 개요

본 도시개발사업 사례인 행정중심복합도시시는 미래지향적 지속가능한 도시건설을 표방으로 수도권 과밀해소와 지역균형발전을 실현하기위해 계획되었다. 행정중심복합도시시는 충남 연기군을 중심으로 총 72.9 km²의 면적을 대상으로 개발될 예정이고, 개발예정지역의 경계로부터 4~5 km(약 223.8 km²) 지역을 향후 도시의 무분별한 확산을 방지하기 위해 계획적으로 관리될 예정이다.

사업대상지역의 중심부는 지형이 낮으며 외곽은 상대적으로 높은 지형을 갖추고 있는 비교적 완만한 분지형태의 지역이며, 중심으로는 국가하천인 금강이 흐르고 있다. 또한 행정중심복합도시시는 도시로서의 경쟁력 확보와 수준 높은 도시생활에 필요한 구매, 의료, 교육, 문화, 복지 등의 자족기능을 유지할 수 있도록 목표인구는 50만인으로 계획하고 있다.

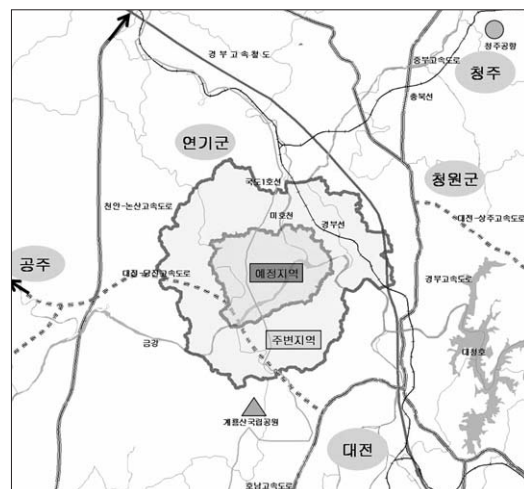


그림 1. 사업대상지역의 위치도

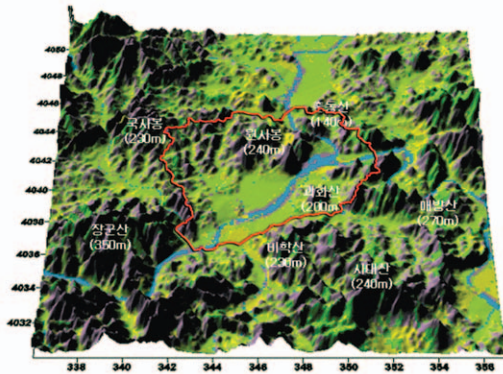


그림 2. 사업대상지역의 지형 현황

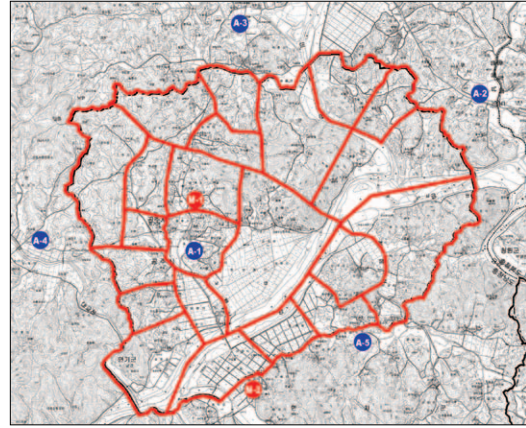


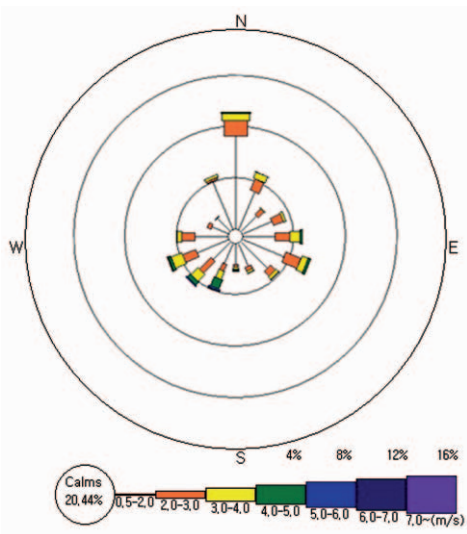
그림 3. 기상(M) 및 대기질 현황(A) 측정 지점도

2) 기상 현황

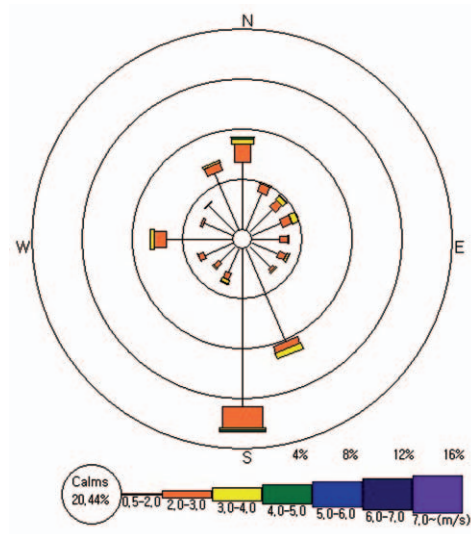
기상현황을 파악하기 위해서 사업대상지역내 2개소의 AWS(Automatic Weather Station)를 설치하여 부지기상을 측정하였고, 계절별로 5일간씩 고층기상을 측정하였으며, 측정지점은 그림 3에 나타내었다. 연기군 남면 AWS(M-1지점)는 2006년 5월 1일~2006년 10월 31일까지 측정되었고, 금남면 AWS (M-2지점)는 2005년 10월 12일~2006년 10월 31일까지 측정되었다. 이 중 동일 측정기간인 2006년 5월 1일~2006년 10월 31일까지 측정된 기상요소를 이용하여 두 지점 간 주풍향 및 풍속을 비

교·분석하였다. 또한 동일기간 내 사업지구 인근 정규기상대 3곳(청주, 부여, 대전)의 기상측정 자료도 분석하였다(국립환경과학원, 2007).

기상현황을 분석한 결과, AWS 2곳의 평균풍속은 1.2 m/s로 유사한 수준이었으나, 남면(M-1지점)의 주풍향은 북(N)풍, 금남면(M-2지점)의 주풍향은 남(S)풍으로 전혀 다른 관측결과가 나타났다. 인근 정규기상대의 관측자료는 1.38~1.81 m/s로 AWS의 평균풍속보다 높은 수준이며, 주풍향은 모두 북(N)풍으로 분석되었다. 이것은 사업대상지역



(a) 남면 AWS (M-1)



(b) 금남면 AWS (M-2)

그림 4. 사업대상지역에서 관측한 AWS 바람장미

이 전형적인 분지지형이어서 인근 정규기상대에 비해 풍속이 낮은 것으로 추정된다. 사업대상지역내 AWS 2곳에서 관측한 주풍향이 다르게 나타나는 것은 사업지구가 분지지형으로 골짜기를 따라 형성되는 바람길과 산곡풍의 영향으로 사업지구내의 풍향과 풍속이 다양하게 나타날 가능성을 나타내는 것이라 판단된다.

3) 대기질 현황

사업 대상지역 및 주변지역의 대기질 현황을 측정하기 위하여 대표성을 가질 수 있는 5개지점을 선정하여 국립환경과학원 등에서 2006년 2월~2006년 11월까지 4계절에 걸쳐 계절별 5일간씩 실시하였으며, 조사지점은 그림 3 및 표 1에 나타내었고, 조사결과는 표 2에 정리하여 제시하였다.

대기질 현황(기준성 대기오염물질)을 집중 조사한

표 1. 대기질 현황 조사지점

지점	조사 위치	위도	경도	특성
A-1	연기군 남면(예정지역 중심 지점)	36° 29' 44"	127° 15' 43"	1번국도 50m이격
A-2	청원군 부용면(예정지역 동쪽)	36° 31' 26"	127° 22' 21"	주거지역
A-3	연기군 서면(예정지역 북쪽)	36° 34' 24"	127° 17' 37"	도로변 측정지점
A-4	공주시 장기면(예정지역 서쪽)	36° 29' 36"	127° 12' 25"	주거지역
A-5	연기군 금남면(예정지역 남동쪽)	36° 28' 45"	127° 17' 24"	농가지역

표 2. 대기질 현황 조사 결과

지점	항목	SO ₂ (ppm)	CO (ppm)	NO ₂ (ppm)	PM-10 (µg/m ³)	O ₃ (ppm)
A-1	1차(겨울철)	0.001	1.077	0.023	84.74	0.012
	2차(봄철)	0.001	0.645	0.011	66.18	0.040
	3차(여름철)	0.0007	0.730	0.015	83.65	0.027
	4차(가을철)	0.002	0.849	0.025	86.25	0.010
	평균	0.0012	0.8253	0.0185	80.2050	0.0223
A-2	1차(겨울철)	0.004	0.768	0.032	69.85	0.015
	2차(봄철)	0.003	0.631	0.015	76.33	0.043
	3차(여름철)	0.002	0.247	0.018	73.77	0.031
	4차(가을철)	0.004	0.549	0.027	109.21	0.011
	평균	0.0033	0.5488	0.0230	82.2900	0.0250
A-3	1차(겨울철)	0.0008	0.967	0.023	69.24	0.026
	2차(봄철)	0.003	0.525	0.020	48.71	0.039
	3차(여름철)	0.002	0.365	0.015	39.3	0.036
	4차(가을철)	0.004	0.776	0.027	60.90	0.015
	평균	0.0025	0.6583	0.0213	54.5375	0.0290
A-4	1차(겨울철)	0.003	0.596	0.015	59.91	0.017
	2차(봄철)	0.003	0.519	0.013	62.91	0.037
	3차(여름철)	0.002	0.119	0.009	31.22	0.023
	4차(가을철)	0.002	0.745	0.019	56.62	0.015
	평균	0.0025	0.4948	0.0140	52.6650	0.0230
A-5	1차(겨울철)	-	-	-	-	-
	2차(봄철)	0.003	0.498	0.007	23.18	0.035
	3차(여름철)	0.002	0.355	0.012	30.03	0.027
	4차(가을철)	0.002	0.490	0.016	19.61	0.013
	평균	0.0023	0.4477	0.0117	24.2733	0.0250
환경기준		0.02(연간) 0.05(24시간) 0.15(1시간)	- 9(8시간) 25(1시간)	0.03(연간) 0.06(24시간) 0.10(1시간)	50(연간) 100(24시간) -	- 0.06(8시간) 0.1(1시간)

결과, 조사지점에 따른 대기오염물질별 평균값은 SO₂ 0.0012~0.0033 ppm, CO 0.4477~0.8253 ppm, NO₂ 0.0117~0.0230 ppm, PM-10 24.2733~82.2900 μg/m³, O₃ 0.0233~0.0290 ppm으로 측정되어, SO₂, CO, NO₂ 등은 모든 지점에서 환경정책기본법에 의한 24시간 평균 대기환경 기준을 모두 만족하였으나, PM-10 항목은 연평균 환경기준을 초과하는 수준으로 조사되었다(국립환경과학원, 2007).

2. 평가 방법론

1) 기상모델링 적용 및 사업지구 바람장 특성

사업대상지역의 바람장을 분석하기 위해 1 km 해상도는 기상예단모델인 MM5, 500 m 미만 해상도는 진단적 기상모델인 CALMET을 사용하였다(J.S.Scire *et al.*, 2000). CALMET을 실행하기 위해 지표고도자료와 토지이용도는 환경부의 최근 자

료를 이용하였고, 모델링영역은 사업지구를 중심으로 20 km × 20 km로 하였다. 또한 기상자료는 인근 정규기상대 3곳(청주, 대전, 부여)과 사업지구에 설치된 AWS 2곳(남면, 금남면)의 지표기상자료와 오산 고층기상대 및 사업지구인 남면에서 계절별로 측정된 고층기상자료를 이용하였다.

산곡풍 분석을 위해 태양복사가 강한 여름철 중 하루의 온도변화가 크고 종관풍이 약한 날을 대상으로 격자별 바람장을 계산하여 주요지점에서 시간대에 따른 풍향의 변화를 도식화하여 그림 5에 나타내었다. 오전시간대에는 곡풍이 형성되어 산쪽을 향하여 주풍향이 형성되는 것을 알 수 있었고(그림 5의 (b)), 일몰 후인 저녁시간대에는 산풍이 형성되어 계곡쪽으로 주풍향이 형성되는 것을 알 수 있었다(그림 5의 (d)). 이것은 사업지구가 풍속이 낮을 경우에 산곡풍에 의해서 형성되는 3차원 바람장이 지배적임을 나타내는 것이다.

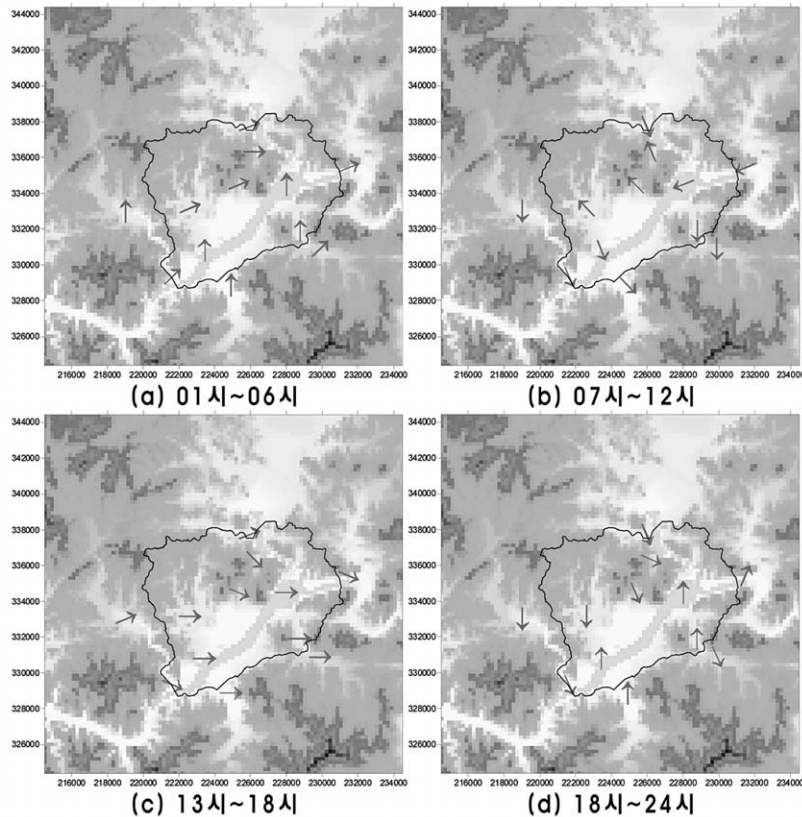


그림 5. 주요지점의 시간대에 따른 주풍향

2) 대기확산모델링 적용

기상현황 분석결과 및 기상모델링 수행결과에서 볼 수 있듯이 사업지구가 분지지형으로 바람장이 공간적으로 변화가 심하고, 일사량이 크고 종관풍이 약한 경우에는 국지적인 산곡풍이 발생하는 것을 알 수 있었다. 따라서 대기확산모델은 경계내 풍향을 일정하다고 가정하는 Gaussian Plume 모델인 ISC3 및 AERMOD 보다는 사업지구내의 공간 및 시간적으로 다양하게 변하는 바람장의 특성을 고려할 수 있는 CALPUFF 모델을 적용하였다.

CALPUFF 모델은 실제 대기의 비정상상태를 모사할 수 있고, 3차원 바람장을 사용함으로써 공간적으로 일정한 풍속을 가정하는 Gaussian 모델보다 정합도가 높은 것으로 알려져 있으며, 최근 미국 EPA에서도 대기영향평가에 추천하고 있다. 또한 본 연구에서와 같이 평가대상지역이 분지지형에서 바람장이 공간적으로 변화가 심한 경우에 3차원 바람장을 입력 자료로 사용하여 모델링을 수행함으로써 대기확산모델링을 비교적 정확하게 수행할 수 있는 모델이다(J.S. Scire *et al.*, 2000).

CALPUFF 모델은 연속적으로 배출되는 연기를 작게 잘라 각각의 연기덩어리(puff)를 이동, 확산시켜서 농도를 계산한 후 모든 연기덩어리의 농도를 종합하여 대상지역의 농도분포와 시간변화를 계산하는 모델이다. 보통 배출원당 1시간에 수 개의 퍼프를 배출하며, 각각의 연기덩어리의 중심(puff center)은 그 연기덩어리가 위치한 지점과 해당시각의 풍향, 풍속에 의하여 이동되고, 연기덩어리의 중심에서 확산에 의하여 연기가 퍼지는 형태는 정상분포를 이룬다는 가정 하에 임의의 시간 간격별로 농도분포를 계산한다.

배출원에서 배출된 puff는 바람을 따라서 3차원 공간을 이동하는데 그 puff의 중심위치는 아래와 같다.

$$\begin{aligned}x(t + \delta t) &= x(t) + \delta t U(t) \\y(t + \delta t) &= y(t) + \delta t V(t) \\z(t + \delta t) &= z(t) + \delta t W(t)\end{aligned}$$

여기서 x 와 y 는 서로 직각의 관계를 갖는 수평방

향의 좌표를 나타내고, z 는 연직방향의 좌표를 의미한다. U , V 는 x , y 방향으로의 평균바람의 속도를 나타내고, W 는 연직방향의 속도이며, δt 는 입자의 이동에 대한 시간구간이다.

배출된 puff는 바람장을 따라서 이동하면서, 아래의 확산식에 의하여 puff의 크기가 성장한다.

$$C(x, y, z) = \frac{Q}{2\pi \sigma_x \sigma_y} g \exp\left[-\frac{d_a^2}{2\sigma_x^2}\right] \exp\left[-\frac{d_c^2}{2\sigma_y^2}\right]$$

여기서, g 는 puff가 지표면 및 혼합층에서 반사되는 항을 나타낸다.

$$g = \frac{2}{(2\pi)^{1/2} \sigma_z} \sum_{i=-\infty}^{\infty} \exp\left[-\frac{(H_e + 2ih)^2}{2\sigma_z^2}\right]$$

C : 수용점에서 지표농도

Q : 오염물질 배출량

$\sigma_x, \sigma_y, \sigma_z$: 확산계수

h : 혼합층높이

H_e : 굴뚝 유효높이

d_a, d_c : puff 중심으로부터 거리

Puff 모델의 대상영역은 수십 m부터 수백 km까지이고, 시간 및 지역차이에 따른 풍향, 풍속의 변화를 고려할 수 있으며, 시간에 따른 Puff의 배출량 변화도 고려할 수 있다. 또 Puff 모델은 비정상상태 모델로서 해륙풍 또는 분지에서 산곡풍 등의 순환과 같은 공간적으로 풍향변화가 심하게 나타나는 지역에서 유용한 모델이다.

3) 배출량 산정

사업완료 시점을 기준으로 운영시의 연료사용 및 교통량 발생에 따른 배출량을 산정하였다. 사업대상지역의 배출계수는 환경부·국립환경과학원 자료(환경부·국립환경연구원, 2000)를 사용하였고, 주변지역의 배출량은 환경부의 대기보전정책지원시스템(CAPSS: Clean Air Policy Support System, 이하 CAPSS) 2003년 배출량 자료(국립환경과학원, 2004)를 이용하였다.

(1) 연료사용량에 따른 오염물질 배출량

본 사업지구 운영시 난방 및 취사 에너지원은 천연가스(LNG)를 사용하되, 일부 열원으로 하수처리장 소화조 발생 가연성가스와 RDF 등을 활용할 계

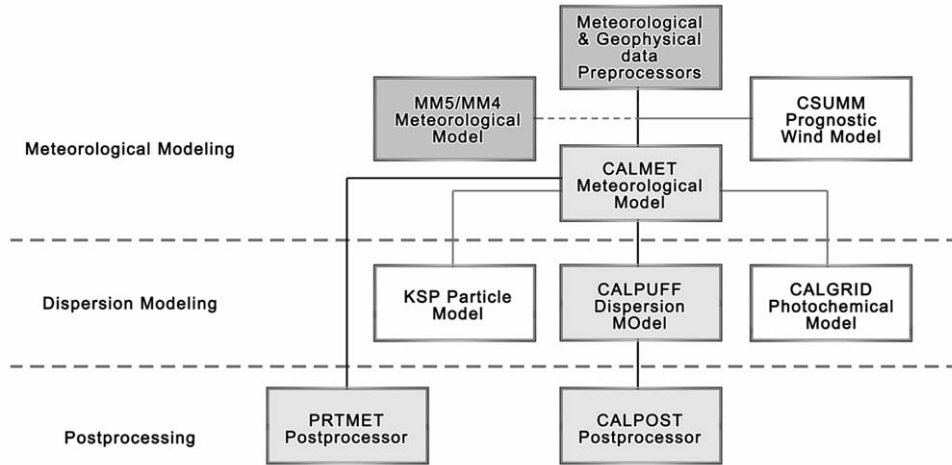


그림 6. CALMET/CALPUFF 모델 구조도

획이며, 에너지사용계획에 의거 LNG사용량은 지역 난방연료 328,852 천Sm³/년, 개별난방연료 80,014 천Sm³/년, 취사연료 35,950 천Sm³/년으로 예측되었다. 오염물질 배출량은 연료사용량에 오염물질 배출계수(환경부·국립환경연구원, 2000)를 적용하여 산정하였으며, 지역난방의 경우 복합공급 처리시설 부지 중 열병합 발전소에 의해 공급되는 것으로 가정하여 점오염원으로 적용하였고, 그 외의 배출량은 면오염원으로 적용하였다. 운영시 연료 사용량은 표 3에 제시하였으며, 적용된 배출계수는 표 4에 나타내었다.

(2) 이용차량에 의한 오염물질 배출량

사업완료 후 2030년도의 교통량에 의한 오염물질 배출량은 사업지구내 차종별 유발교통량에 대해 오염물질 배출계수(환경부·국립환경연구원, 2000)를 적용하여 발생량을 산정하였다. 장래교통

표 4. 연료사용에 따른 오염물질 배출계수

연 료	PM	SO ₂	NO ₂	CO
LNG (kg/10 ³ m ³)	0.003	0.01	2.62	0.64

자료 : 대기오염물질 배출량(99), 환경부 국립환경연구원, 2000

량 예측결과는 표 5에 제시하였고, 적용된 배출계수는 표 6에 나타내었다.

(3) 총 오염물질 배출량 산정

사업완료 시점을 기준으로 운영시의 연료사용 및 교통량 발생에 따른 배출량을 계산한 결과, PM-10의 경우에는 차량에 의해서 발생하는 배출량이 지배적이고, NO₂의 경우에는 LNG를 연료로 하는 지역난방에서 배출량이 가장 크게 나타났으며, 오염물질별 발생량을 산정하여 표 7에 제시하였다.

표 3. 사업지구 운영시 연료 사용량

구 분	건축규모 (세대, m ²)	난방열부하 (Gcal/년)	지역난방연료 (LNG천Sm ³ /년)	개별난방연료 (LNG천Sm ³ /년)	취사열부하 (Gcal/년)	취사연료 (LNG천Sm ³ /년)
총 계	-	3,570,482	328,852	80,014	379,283	35,950
주 택 용 지	200,000세대	2,940,142	261,823	74,615	283,324	26,855
상업업무용지	7,768,659m ²	419,580	48,095	-	66,122	6,267
시 설 용 지	4,127,047m ²	210,760	18,934	5,399	29,837	2,828

자료 : 행정중심복합도시건설 개발계획(안), 행정중심복합도시건설청, 2006

표 5. 사업지구내 도로의 장래교통량 예측결과(2030년)

구 분	승용차(대/일)	버 스 (대/일)		화 물 (대/일)			합계(대/일)
		중 형	대 형	소 형	중 형	대 형	
40m 도로	6,600	271	2,462	2,487	443	62	12,325
30m 도로	21,451	96	480	8,068	1,441	512	32,048
34m 도로	15,793	71	354	5,940	1,061	377	23,596
35m 도로	23,423	105	525	8,810	1,573	560	34,996
27.5m 도로	8,694	39	195	3,270	584	208	12,990
25m 도로	11,526	28	40	2,221	142	8	13,965
24.5m 도로	5,975	11	7	1,943	174	25	8,135
20m 도로	6,955	12	8	2,262	202	29	9,468
합 계	100,417	633	4,071	35,001	5,620	1,781	147,523

자료 : 행정중심복합도시 교통영향평가서, 한국토지공사, 2007

표 6. 유발교통량에 따른 오염물질 배출계수

차 종		PM (g/km)	SO ₂ (g/km)	NO _x (g/km)	CO (g/km)
승용차		-	0.03	0.45	2.56
택시		-	-	0.84	6.36
버 스	소형	0.34	0.60	1.42	1.16
	중형	0.62	0.98	1.48	1.66
	대형	1.93	2.10	11.90	9.97
트럭	소형	0.36	0.60	1.48	1.57
	중형	0.62	0.98	1.48	1.66
	대형	1.98	2.70	12.22	12.00

자료 : 대기오염물질 배출량(99), 환경부, 국립환경연구원, 2000

표 7. 오염물질 발생량 산정

구 분	PM-10	SO ₂	NO ₂	CO	
사업지구	개발난방(g/sec)	0.0076	0.0253	6.6475	1.6238
운영시	지역난방(g/sec)	0.44	2,2898	257.04	-
	취사(g/sec)	0.0034	0.0114	2.9867	0.7295
	유발교통량(g/sec)	6.35	9.94	40.99	91.16
	합계 (g/sec)	6.801	12.2665	307.6642	93.5133

III. 평가 결과 및 고찰

도시개발이 완료되는 시점에서 사업지구내 주거지 및 그 주변지역의 대기질 예측을 위하여 사업시행에 따른 배출량을 계산하였고, 관측된 기상자료를 이용하여 기상 모델링 결과를 검증하였다. 또한 기상모델을 활용하여 사업지구내의 바람장 특성과 확산모델링에 필요한 바람장 입력자료를 작성하였고, 최종적으로 배출량 및 기상 입력자료를 근거로

비반응성 물질(SO₂, PM-10, NO₂, CO)을 대상으로 CALPUFF 모델링을 수행하여 대기질 영향을 평가하였다.

1. 기상모델 검증

CALMET 모델의 정확도를 검증하기 위해 사업지구내 AWS 2개지점에서 2006년 8월 1일~2006년 8월 31일까지 1개월간 측정된 기온과 풍속에 대하여 CALMET 모델링 수행시 정규기상대 기상자료와 고층기상자료만을 이용하여 모델링한 결과와 비교·평가하였다.

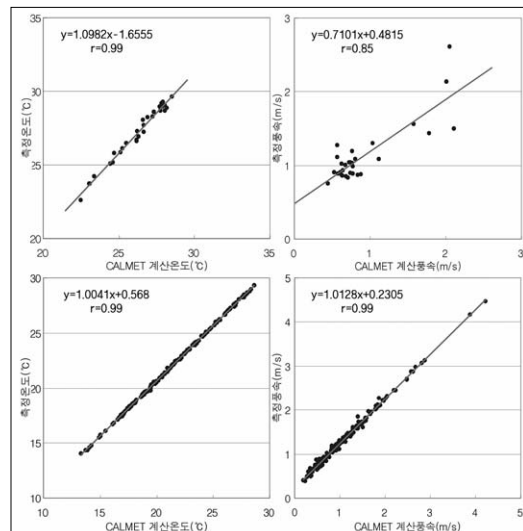


그림 7. AWS 관측값과 CALMET 모델 계산값과의 상관도 분석

상관도 분석결과, AWS 2개지점(M-1, 2)에서 온도의 상관계수(r)는 0.99, 풍속 상관계수(r)는 0.85 이상으로 우수한 결과를 나타내고 있다. 이것은 본 연구에서 CALMET을 이용하여 계산한 3차원 바람장이 지역적인 특성을 잘 반영하고 있으며, 모델링의 입력 자료로 사용이 가능하리라 판단된다.

2. 모델링 결과

사업완료 후 운영시에 예상되는 배출량을 계산하고, CALMET 모델을 이용하여 사업지구내의 3차원 바람장을 계산한 결과를 근거로 CALPUFF 모델링을 수행하여 본 사업이 대기질에 미치는 영향을 분석하였다.

(1) 영향 예측지점 선정

본 사업지구 운영시 연료사용 및 유발교통량에 따른 대기질 예측을 위하여 영향예측지점을 선정하였으며, 예측지점 위치는 표 8에 나타내었다. 영향 예측지점은 모두 9개 지점으로 대기질 현황 측정지점(A-1~5)에 추가하여 사업지구를 중심으로 전체 방향을 고려한 추가지점(H-1~4)을 선정하였으며, 선정된 예측지점을 기준으로 운영시 대기질 예측을 실시하였다.

(2) 모델링 결과

CALPUFF 모델링을 수행하여 본 사업이 대기질에 미치는 영향을 예측한 결과, 최대기여농도에 배경농도를 고려한 사업지구 및 주변지역의 최대농도는 PM-10 116.05 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (24시간 평균), 90.92

$\mu\text{g}/\text{m}^3$ (연평균), SO₂ 40.74 ppb(1시간 평균), 14.37 ppb(24시간 평균), 7.28 ppb(연평균), NO₂ 0.064 ppm(24시간 평균), 0.036 ppm(연평균),

표 9. 지점별 영향예측 결과 (PM-10, NO₂)

No.	예측 지점	농도	PM-10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)		NO ₂ (ppb)		
			24시간	연간	1시간	24시간	연간
1	A-1	현황치	86,2500	80,2050	63,0000	25,0000	18,5000
		증가치	21,9500	10,7100	59,9110	38,9070	17,9180
		예측치	108,2000	90,9150	122,9110	63,9070	36,4180
2	A-2	현황치	109,2100	82,2900	59,0000	32,0000	23,0000
		증가치	6,8357	3,1253	25,3710	15,5260	7,2444
		예측치	116,0457	85,4153	84,3710	47,5260	30,2444
3	A-3	현황치	69,2400	54,5375	65,0000	27,0000	21,3000
		증가치	7,4175	2,6440	29,6950	13,8230	5,0412
		예측치	76,6575	57,1815	94,6950	40,8230	26,3412
4	A-4	현황치	62,9100	52,6650	49,0000	19,0000	14,0000
		증가치	5,1948	1,5736	27,2650	12,2950	3,9770
		예측치	68,1048	54,2386	76,2650	31,2950	17,9770
5	A-5	현황치	30,0300	24,2733	37,0000	16,0000	11,7000
		증가치	14,1860	7,2657	38,9480	23,9040	13,0900
		예측치	44,2160	31,5390	75,9480	39,9040	24,7900
6	H-1	현황치	66,0750	53,6013	57,0000	23,0000	17,6500
		증가치	1,9977	0,5627	14,0640	5,4000	1,5575
		예측치	68,0727	54,1639	71,0640	28,4000	19,2075
7	H-2	현황치	109,2100	82,2900	59,0000	32,0000	23,0000
		증가치	5,0970	2,1763	19,6510	11,5220	5,0284
		예측치	114,3070	84,4663	78,6510	43,5220	28,0284
8	H-3	현황치	30,0300	24,2733	37,0000	16,0000	11,7000
		증가치	4,0891	2,4150	19,4330	11,0880	6,8291
		예측치	34,1191	26,6883	56,4330	27,0880	18,5291
9	H-4	현황치	59,7300	52,3811	49,6667	20,0000	14,7333
		증가치	8,1035	2,6419	62,1130	17,0100	5,7857
		예측치	67,8335	55,0230	111,7797	37,0100	20,5190
환경정책기본법에 의한 대기환경기준			100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이하	50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이하	100ppb 이하	60ppb 이하	30ppb 이하

표 8. 영향 예측지점 위치

No.	예측 지점명	TM 좌표		위 치	현황 적용지점	영향 예측지점 위치도
		X(km)	Y(km)			
1	A-1	223.390	333.077	사업지구 중심	A-1	
2	A-2	231.130	337.383	사업지구 동쪽	A-2	
3	A-3	224.515	339.097	사업지구 북쪽	A-3	
4	A-4	219.166	333.272	사업지구 서쪽	A-4	
5	A-5	228.057	330.765	사업지구 남동쪽	A-5	
6	H-1	219.038	337.672	사업지구 북서쪽	A-3, 4의 평균	
7	H-2	230.514	338.911	사업지구 북동쪽	A-2	
8	H-3	231.160	331.922	사업지구 남동쪽	A-5	
9	H-4	221.734	328.226	사업지구 남서쪽	A-1, 4, 5의 평균	

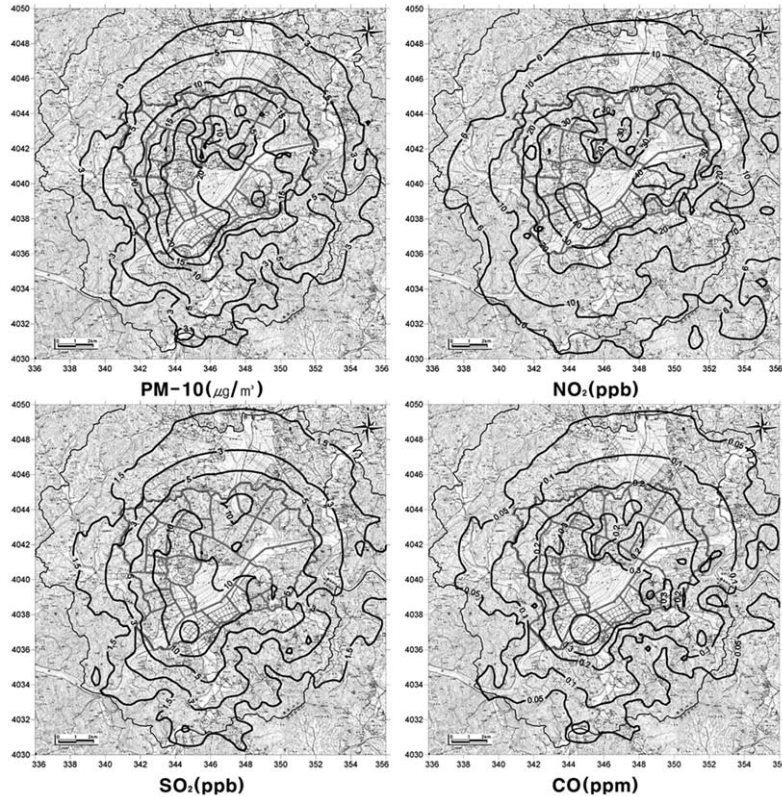


그림 8. 대기질 예측 등농도곡선 (24시간 평균 최대 기여농도)

0.130 ppm(1시간 평균), CO 4.04 ppm(1시간 평균), 1.09 ppm(8시간 평균)으로 나타났다. 예측결과, PM-10과 NO₂의 경우 예측농도가 일부지점에서 대기환경기준을 초과하는 것으로 예측되었다. 오염물질별 예측결과는 그림 8에 등농도 곡선으로 표현하여 나타내었으며, 대기환경기준을 초과하는 PM-10과 NO₂는 표 9에 정리하여 나타내었다.

PM-10과 NO₂의 경우 현황농도 자체가 이미 기준치를 초과하거나 기준치에 근접하는 수준을 나타냄에 따라, 도시개발 후 운영시 배출량 저감대책 뿐만 아니라 대기현황농도를 낮추기 위한 주변지역의 배출량 저감노력이 요구된다.

IV. 결론

본 연구에서는 대규모 도시개발사업에 의한 대기 환경영향평가 사례를 연구하였다. 사업지구의 기상

현황을 파악하기 위해서 사업지구내 2개 지점에 AWS를 설치하여 1년간 지표기상을 측정하였고, 계절별로 5일간씩 4시간마다 고층기상을 관측하였다. 또한, 대기질 현황을 파악하기 위해서 사업지구 및 주변지역의 5개 지점에서 계절별 5일간씩 연속적으로 기준성 대기오염물질을 측정하였다.

사업지구가 분지지형으로 바람장이 공간적으로 변화가 심하고, 일사량이 크고 종관풍이 약한 경우에는 국지적인 산곡풍이 발생함에 따라 대기확산모델은 사업지구내의 공간 및 시간적으로 다양하게 변하는 바람장의 특성을 반영할 수 있는 CALPUFF 모델을 적용하였다.

도시개발 후 운영시 예상되는 배출량을 계산하여 대기확산모델링을 수행한 결과, PM-10과 NO₂의 경우 예측농도가 일부지점에서 대기환경기준을 초과하는 수준으로 예측되었다. 현황농도 자체가 이미 기준치를 초과하거나 기준치에 근접하는 수준을

나타냄에 따라, 도시개발 후 운영시의 배출량 저감 대책 뿐 아니라 대기현황농도를 낮추기 위한 주변 지역의 배출량 저감노력이 요구된다.

따라서 사업지구내 청정연료 사용, 친환경연료를 사용하는 신교통수단 도입, 녹지공간에 대기오염 정화수종 식재, 모니터링을 위한 상시측정망 설치 등을 통하여 도시개발 후 운영시 쾌적한 대기환경을 유지하도록 노력해야 할 것이다.

감사의 글

본 연구는 한국토지공사의 환경영향평가용역 사업비로 수행되었으며, 이에 관계자 여러분께 감사드립니다.

참고문헌

환경부, 국립환경연구원, 2000, 대기오염물질배출량(1999), 95~96.
 국립환경과학원, 2004, 대기환경예측평가시스템(CAPSS).
 국립환경과학원, 2005, 이동오염원 대기오염물질 배출량 산정 방법 편람, 1~81.
 문난경, 이영수, 강영현, 김영하, 2005, 환경영향평가시 대기확산모델의 적용에 관한 연구,

1~146.
 환경부, 2006, 환경·교통·재해 등에 관한 영향평가법.
 국립환경과학원, 2006, 행정중심복합도시 바람통로분석 및 도시열섬현상 분석, 773~867.
 행정중심복합도시건설청, 2006, 행정중심복합도시 건설 개발계획(안), 277~285.
 환경부, 2007, 환경영향평가서 작성 등에 관한 규정, 23~41.
 국립환경과학원, 2007, 행정중심복합도시 환경·생태분야 조사연구 최종보고서, 489~873.
 한국토지공사, 2007, 행정중심복합도시 환경영향평가서, 187~252, 1048~1200.
 한국토지공사, 2007, 행정중심복합도시 교통영향평가서, 384~615.
 Joseph S. Scire, F. R. Robe, M. E. Fernau, and R. J. Yamartino, 2000, A User's Guide for the CALMET Meteorological Model, Earth Tech, Inc.
 Joseph S. Scire, David G. Strimaitis, and Robert J. Yamartino, 2000, A User's Guide for the CALPUFF Dispersion Model, Earth Tech, Inc.
 최종원고채택 07. 11. 27