

移動污染源에 대한 大氣擴散模型의 感應度 分析에 관한 研究 (HIWAY2, PAL, CALINE3 模型을 對象으로)

A Study on the Sensitivity Analysis of Line Source Air Quality Models

金 善 泰*, 金 丙 泰**, 金 丁 勗**
Sun-Tae Kim, Byung-Tae Kim, Jung-Wk Kim

ABSTRACT

The sensitivity analysis is a method to quantify to what extent the output of a model changes with the values of input parameters.

This will lead to increase model accuracy through measurement validation.

Three line source air quality models, HIWAY 2, PAL, and CALINE 3 were selected for this study. The input parameters analysed included wind speed, wind direction, stability, emission rate, mixing height, receptor distance, initial dispersion coefficient, surface roughness, and averaging time.

It turned out that PAL model generally showed higher concentration than other two models, and that between CALINE 3 and HIWAY 2, CALINE 3 showed higher concentration than HIWAY 2 model near the line sources, but beyond a certain downwind distances HIWAY 2 model showed higher concentration. The models were very sensitive to wind speed especially in the range of 0 ~ 1 m/s and to wind direction near the parallel wind to streets. In case of emission rate, the output concentration was directly proportional to these input parameters. And the sensitivity of the input parameters such as stability, mixing height, initial dispersion coefficient, surface roughness, and averaging time were not very significant.

1. 緒 論

大氣의 汚染狀態를 現在로부터 將來까지 精確히 推定하고, 이를 大氣管理對策에 이용하며 또한 이를 평가하기 위한 도구로서 大氣擴散模型이 주로 사용되어져 왔다. 그러나 大氣擴散模型은

현실적 제약과 이론의 미비 등으로, 여러가지 가정의 상태에서 복잡한 현상을 단순화시킨 것이기 때문에 실제의 大氣汚染管理에 적용하는데 있어서 많은 문제점과 한계를 갖고 있는것도 사실이다. 따라서 大氣擴散模型을 현실에 적용하기 위

* 日本 京都大學 衛生工學科(Department of Environmental and Sanitary Engineering, Kyoto University)

** 서울大學校 環境大學院 (Graduate School of Environmental Studies, Seoul National University)

해서는 현실적 상황에 맞게 모델을 檢定하고 補正하는 것이 필요하다.

특히 高速道路나 道路상의 차량(트럭, 버스, 승용차, 모터사이클) 등에서 생기는 배출과 非高速道路排出源(기관차, 비행기)에서 나오는 배출을 포함하는 移動汚染源의 경우 그 특성상 모델의 이용이 필수적이다. 즉 移動汚染源에 대한 관리나 개발을 필요로 할 때에, 移動汚染源에 의한 오염도보다는 대개의 경우 주위의 汚染源에 의한 영향이 더 크게 나타나고 있기 때문에, 移動汚染源에 의한 영향만을 별도로 實測하기란 사실상 어려운 일이다. 따라서 交通政策의 시행이나 평가를 위해서는 모델을 이용할 수 밖에 없다는 것이 移動汚染源의 중요한 특성이며, 이에 따른 모델의 정확성이 더욱 절실하다고 할 수 있다.

모델의 檢定과 補正을 위해 주로 正合度 評價라는 방법이 이용되어지고 있다. 正合度 評價는 현실의 실측치와 모델을 통하여 얻어진 예측치 사이의 相關程度를 밝혀내고, 이를 이용하여 모델을 補正하는 방법이다. 이러한 正合度 評價가 모델의 유용성을 높이는데 비해서 모델이 갖는 한계범위 내에서 모델의 예측력을 높이기 위해 이용되는 것이 感應度 分析이라는 방법이다.

感應度 分析은 모델을 운영하는데 필요한 入力變數들의 값의 變化에 대하여 出力結果들이 얼마나 민감하게 반응하는가를 分析하는 것으로 다음과 같은 意義를 가지고 있다.

- 1) 상대적으로 민감하게 반응하는 入力變數들과 入力變數들의 값의 區間을 미리 파악함으로써, 모델의 이용시에 이들 변수들의 값을 정확히 측정하여 入力함으로써 모델의 예측력을 높일 수 있다.
- 2) 感應度 分析을 통하여 여러 入力資料에 대한 모델의 構成原理를 이해하는 자료가 된다.
- 3) 感應度 分析의 방법은 正合度 評價와 더불어 어떤 地域條件에 더 적합한 모델을 선정하거나 선정된 모델의 특성을 파악하고자 할 때 또는 예측목적에 따라 모델을 修正하

고자 할 때에 그 기초자료로도 이용할 수 있다.

본 연구에서는 이동汚染源에 대한 大氣擴散模型을 대상으로 感應度 分析을 시행하여 모델의 有用性和 豫測力을 높이고, 그러한 결과를 가져오는 모델의 구성원리를 비교, 分析함으로써 모델을 이용한 환경의 質의 관리에 한계와 지침을 마련하며, 새로운 모델의 개발에 基礎資料를 제공하는 것을 그 目的으로 한다.

2. 研究의 方法

2.1 入力資料의 指定 및 變換

移動汚染源에 대한 大氣擴散模型 중 본 연구에서는 HIWAY 2, PAL, CALINE 3의 세 모델에 대한 感應度 分析을 하여 각 모델의 특성을 비교하고, 각 모델의 운영에 필요한 入力變數들의 感應度를 구하여 비교하는 것으로 한다.

HIWAY 2와 PAL 모델은 미국 NTIS (National Technical Information Service)에서 사용자의 편의를 위해 Magnetic Tape에 수록하여 배급하고 있는 프로그램 시스템인 UNAMAP (User's Network for Applied Modelling of Air Pollution) 중에서 移動汚染源을 취급하고 있는 모델이며, CALINE 3 모델은 California의 Department of Transportation에서 개발한 모델이다.

HIWAY 2 모델은 고속도로변에서의 非反應性 物質의 濃度를 推定하는 모델으로 가우스확산식을 이용하며, 평지에서는 고속도로의 배출을 일련의 有限線汚染源으로 간주하여 각 차선을 일정한 배출량을 가진 직선의, 연속적인 有限線汚染源으로 모사(simulation)하여 계산하고 있다.

PAL 모델도 HIWAY 2 모델과 마찬가지로 가우스확산식을 이용하여 非反應性 物質의 汚染濃度를 시간별로 또는 1시간에서 24시간까지의 平均濃度를 계산하는데 이용하도록 구성되어 있으며, PAL의 이용이 권장되고있는 지역으로는 산업단지, 운동장, 주차지역, 상가지역등이다.

또한 CALINE 3 모델은 가우스확산식과 混合帶(mixing zone) 개념을 도입하여 오염물질의

농도를 계산하는 모델으로, 이 모델은 대개 좁은 지역의 오염농도 분포를 추정하는 모델로 도로 변에서 150m까지의 착地點에 대한 농도계산을 추천하고 있으며, 일산화탄소(CO)나 분진(particulate)과 같은 非反應性 汚染物質을 취급하고 있다. 특히 CALINE 3 모델은 한 개의 도로를 몇 개의 要素(element)로 구분하여, 각 要素에 대한 농도를 계산하여 합산함으로써 농도값을 구하는 것이 특징이다.

본 연구의 對象汚染物質은 세 모델에 공통되는 일산화탄소를 택하였고, 각 모델의 운영에 필요로 하는 入力變數들은 본 研究의 목적에 맞게 비교적 단순화 시켜서 입력하였다.

각 모델에서 필요로 하는 입력자료들 중 공통되는 것은 風向, 風速, 混合高, 安定度 등의 氣象資料와 道路의 位置 및 길이, 排出高, 도로폭, 車線數, 中央分離帶의 넓이, 排出量 등의 汚染源資料와 着地點의 높이 및 거리 등의 着地點資料이다. 각 모델에 독자적으로 필요한 입력변수로는 PAL의 경우 大氣溫度와 高度에 따른 風向의 변화여부와 σ_{yo} 와 σ_{zo} 를 사용자가 직접 입력하도록 되어 있고, CALINE 3의 경우 대기의 농도상태와 着地點表面의 거칠기, 沈降速度(settling velocity), 沈着速度(deposition velocity), 平均化時間(averaging time) 등을 추가로 입력하도록 되어 있다. 이들 독자적으로 입력하는 변수들에 대해서는 대개의 평균치를 입력하여 모델 비교시의 誤差를 줄이도록 하였다.

각 입력변수의 推定값과 變換값이 표 1에 정리되어 있다.

예를 들어 風向의 경우 지정값 즉 다른 변수가 변화할 때에 일정하게 고정되어 있는 같은 方位角 345°로 지정하였으며, 이는 도로가 南北方向인 경우 北西風이 되는 것이다. 風向의 感應度 變化를 알기 위해서 北風 즉 方位角 360°에서 西風 方位角 270°까지를 4개의 구간으로 나누어 변화시키는 것을 뜻하는 것이다. 또 대상오염물질이 일산화탄소의 氣體狀 物質이기 때문에 沈着速度나 沈降速度는 무시하는 것으로 하였다.

2.2 感應度 係數

感應度的 비교는 직접적 방법과 간접적 방법으로 나눌 수가 있다. 직접적 방법은 汚染濃度 계산에 관여하는 식에 포함되어 있는 入力變數에 대하여 偏微分을 하여 그 값을 感應度係數로 하여 비교하는 방법으로 간단하고 한 모델내에서의 입력변수의 구간별 感應度を 비교하기에는 적당하지만 大氣擴散模型의 경우 偏微分에 의한 感應度係數 산출이 어려운 경우가 많고 모델 상호간의 感應度を 비교하기에는 부적당하다. 반면 간접적 방법은 모델에 필요한 入力變數들의 값을 각 區間別로 세분하여 입력한 후 그 결과를 標準化處理 등을 통하여 비교하는 방법으로 시간과 경비가 많이 소요되나 직접적 分析이 어려운 입력변수들에 대해서는 이 방법을 이용할 수 밖에 없고 모델 상호간의 비교가 용이한 장점이 있다.

본 연구에서는 각 모델간의 또는 한 모델내에서의 입력자료의 변환에 따른 感應度を 비교하기 위하여 感應度 계수(sensitivity coefficient)를 구하여 이용하기로 하였다. 우선 각 모델의 結果濃度 값이 같은 입력자료에 대해서도 다르게 나타나므로, 비교의 목적을 위해서 각 結果濃度 값을 입력변수에 따라 單位區間別로 標準化(standardization)시켰다. 즉 각 모델 또는 각 입력자료에 대한 最高濃度 값에 대하여 그 중에서 가장 큰 값을 1로 하고, 각각의 값을 이 값에 대한 相對的인 값으로 표시한 뒤 이 상대값의 차이를 感應度係數로 정의한다.

따라서 感應度係數는 각 입력자료에 대해서

$$S(n-1) = \{ (C(n)/C(\max)) - (C(n-1)/C(\max)) \} / m$$

이 되는 것이고, $S(n-1)$ 은 어떤 입력자료에 있어서의 n 에서 $(n-1)$ 구간의 感應度係數이며, $C(n)$, $C(n-1)$ 는 입력자료값이 n , $(n-1)$ 일 때의 농도값이며, $C(\max)$ 는 그 입력자료 상태에서의 최고농도값이다. 또 m 은 구간의 間隔單位數이다. 예를 들어 風向의 경우 0, 15, 30, 45, 90도의 구간으로 변화시킬 경우 각 구간의 최고농도값 중에서 가장 큰 값인 0도의 값을 1로 하고, 나머지 구간의 최고농도값을 0도의 최고농도값에 대하여

Table 1. The identification and the variation of input parameters

input data	WIWAY2	CALINE3	PAL	conversion value	remark
METEOROLOGICAL DATA					
wind direction	345	345	345	360,345,330,300,270	azimuth
wind speed(m/s)	2.5	2.5	2.5	0.1,1,2,3,4,5	10 m height
mixing height(m)	1000	1000	1000	10,100,1000,12500, 5000, 10000	
stability	4	4	4	1,2,3,4,5,6	
RECEPTOR DATA					
distance(m)	0 ~ 50	0 ~ 50	0 ~ 50		
height(m)	0	0	0	0,1,3,5,10,20	
roughness	-	11.4	-	0,10,25,50,100	
settling velocity	-	0	-		
deposition velocity	-	0	-		
back concentration	-	0	-		
EMISSION SOURCE DATA					
coordinate	(0,-0.5)	(0,-0.5)	(0,-0.5)		
	(0,0.5)	(0,0.5)	(0,0.5)		
coordinate unit	1 km	1 km	1 km		
median	0	0	0		
no. of lane	4	4	4		
width of road	16	22 m	16 m		
effective height	2	2 m	2 m		
emission rate (car/hour)	8000	8000	8000	0,2000,4000,6000 8000,10000	emission factor: 18.64 g/km
σ_{yo} (m)	-	-	3.0	0,1,2,3,4,5	
σ_{zo} (m)	-	-	1.5	0,0.5,1,1.5,2,2.5	
averaging time(min)	-	60	-	15,30,45,60,90,120	

상대적인 비율로 나타낸뒤 그 값의 차이가 구간의 변화에 따른 感應度 係數가 되는 것이며, 15도를 한 단위로 하는 경우 0도에서 60도내에서는 15도 간격으로 나누었으므로 각 구간의 間隔單位數는 1이 되고, 60도에서 90도까지의 구간 間隔單位數

는 2가 되는 것이다.

感應度 係數가 1의 값에 가까울수록 感應度는 크다고 할 수 있고, 感應度 係數가 0이라는 것은 구간변화에 따른 농도변화가 없다는 것을 의미한다. 또 感應度 係數가 음의 값을 나타내는 것은

그 구간에 대해서 농도값이 증가하여 나타나는 것을 의미하게 된다. 이 방법은 風下距離에 따른 感應度變化를 무시하고 있다는 단점이 있으나, 이 風下距離에 따른 最高濃度에 대한 感應度 係數는 다른 입력변수가 변화하더라도 변화하지 않는 일정한 값으로 模型 상호간의 비교에는 가장 적당한 방법이라 할 수 있다.

3. 結果의 分析 및 檢討

3.1 變數의 指定값에 의한 各 模型의 評價

2.1에서와 같이 지정된 입력변수값에 의한 각 模型의 結果濃度값이 그림 1에 나타나 있다.

그림 1에서 보는 바와 같이 같은 入力資料에 대해서도 세 模型 모두 서로 다른 風下距離別 濃度 分布曲線을 나타내고 있다.

CALINE 3 模型과 PAL 模型이 道路內의 區間에서는 비슷한 농도값을 나타내고 있으나, 전체적으로 PAL 模型의 경우가 다른 두 模型에 비하여 상당히 높은 농도값을 나타내고 있다. 또

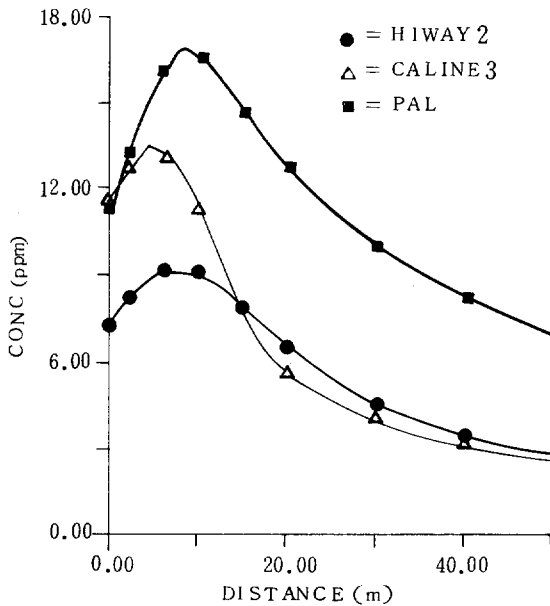


Fig. 1 The concentration distribution with downwind distance

CALINE 3 模型의 경우는 도로를 벗어나에 따라 濃度가 급격히 감소하여 15m 지점부터는 HIWAY 2 模型의 경우가 CALINE 3 模型의 경우보다 적으나마 오히려 높은 濃度 값을 나타내고 있음을 알 수 있다. 이러한 차이는 세 模型을 구성하고 있는 原理의 차이에 의해 설명되는데 주된 요인으로 들 수 있는 것은 濃度計算式의 차이와 擴散係數 算定의 차이이며 특히 CALINE 3 模型의 경우 混合地帶 개념을, HIWAY 2 模型의 경우는 假想風速을 이용하는 것이 濃度값의 차이를 설명하는 중요한 이유라고 할 수 있다.

3.2 入力變數 變換에 따른 感應度의 比較

3.2.1 風速變換에 따른 感應度의 比較

다른 변수들은 지정된 값으로 고정시키고 風速의 경우에만 0m/s에서 5m/s까지 1m/s 간격으로 변화시킨 結果濃度값을 風下距離에 따라 나타낸 것이 그림 2이고 각 模型의 區間別 感應度 係數는 그림 3에 나타나 있다.

그림 2와 같은 風下距離別 濃度 分布는 風速變換의 경우에 한해서 나타내기로 하며, 다른 변수에 대해서는 感應度 係數의 변화만을 圖示하기로 한다.

그림 3에서 보듯이 HIWAY 2 模型은 0~1m/s의 구간에서 0.305로 상당히 높은 값을 보이며, 1~2m/s 구간에서 다소 감소했다가 2~3m/s 구간에서 증가했다가 다시 감소하는 불규칙적인 변화를 보이고 있다.

이에 대하여 CALINE 3 模型은 0~1m/s의 구간에서 0.607로 상당히 높은 값을 보이나 급격히 감소하는 경향을 보이며, PAL 模型의 경우는 0~1m/s 구간에서 感應度 係數는 0으로 농도변화를 보이지 않으며 1~2m/s의 구간부터는 正反比例의 感應度變化를 보이고 있다. 이는 PAL의 경우 농도가 風速에 반비례하는 가우스확산식을 그대로 이용하고 있기 때문이며, CALINE 3의 경우 混合地帶內의 滯留時間의 계산에 風速變數가 영향을 주며, HIWAY 2 模型의 경우는 자연상태의 風速을 그대로 이용하지 않고 假想風速을 구하여 계산하므로 感應度變化가 불규칙하게 나타나는 것이라 할 수 있다.

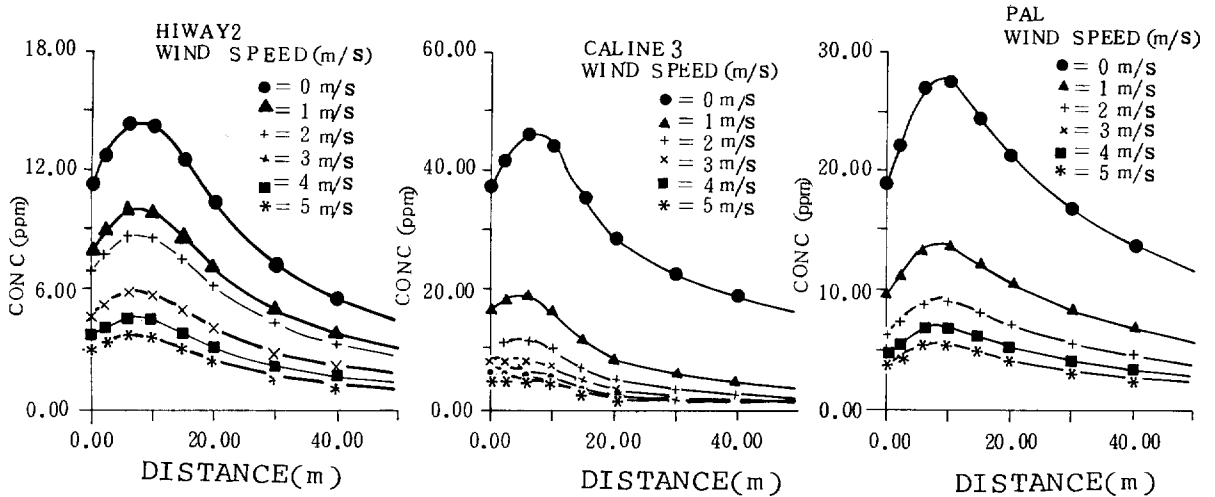


Fig. 2 The variation of concentration distribution with wind speed

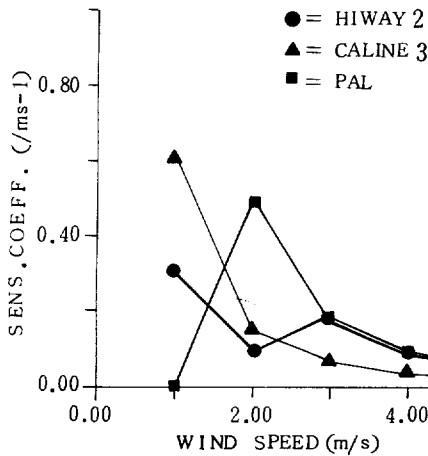


Fig. 3 The sensitivity coefficient with wind speed

風速에 대한 感應度 비교로 얻을 수 있는 結論은 다음과 같다.

- 1) HIWAY 2나 CALINE 3의 경우 0~1m/s 구간의 感應도가 매우 크므로, 이 구간의 풍속자료를 입력할 때에 정확히 實測하여 입력할 필요가 있다.
- 2) 특히 CALINE 3 模型의 경우 0~1m/s 구간의 感應도가 너무 높으므로 이 구간에서의 模型사용에 주의하여야 하며, 또한 수정이 요구된다고 하겠다.

3) PAL 模型의 경우 0~1m/s 구간의 모든 값들이 1m/s의 풍속으로 계산되므로 이 구간에서의 사용은 피하는 것이 좋으리라 보인다.

3.2.2 풍향변화에 따른 感應度의 比較

다른 변수를 고정시키고 風向만을 도로에 대해서 垂直인 상태(90도)에서 平行인 상태(0도)로 변화시켜 얻은 결과에 대한 模型별, 구간별 感應度 係數가 그림 4에 나타나 있다.

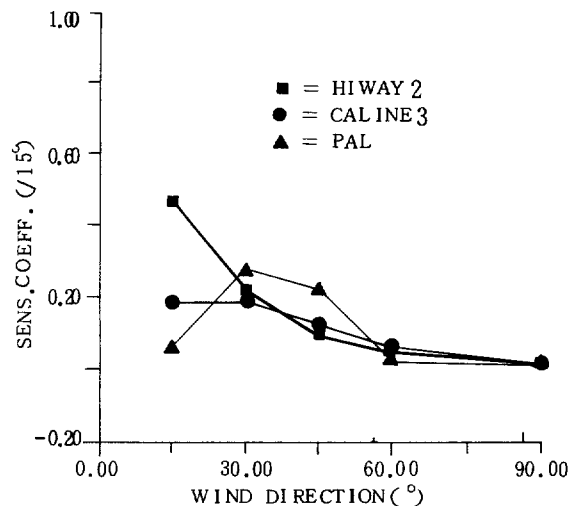


Fig. 4 The sensitivity coefficient with wind direction

세 모델 모두 풍향이 도로와 평행인 경우가 가장 높은 농도값을 보이고, 어느 일정한 거리를 지나서부터는 도로와 수직인 상태가 더 높은 농도값을 나타낸다.

15도를 한 구간으로 비교한感應度係數를 비교하면 약간의 차이는 있지만 대체적으로 0도에서 45도의 구간이 높은感應度係數를 나타내고 있다. 따라서 風向이 도로와 평행인 지역에서의 모델使用時에는 현재는 16方位나 32方位보다 더 細分化된 區間의 風向入力資料가 필요하리라 사료된다.

3.2.3 安定度에 따른 感應度의 比較

다른 변수는 지정한 값으로 고정시키고, 安定度를 1에서 6까지 변화시킨 결과 각 安定度에 따른 感應度係數가 그림 5에 나타나 있다.

風速이 安定度에 따라 변화하지 않는 상태에서는 HIWAY 2 모델의 경우 安定度 1, 2, 3의 값이 모두 같은 값을 나타내어 感應度係數가 0이고, 安定度 5, 6의 경우도 마찬가지이다. 이것은 HIWAY 2 모델의 경우 安定度 1, 2, 3을 한 등급으로, 安定度 4등급, 그리고 安定度 5, 6을 한 등급으로 하는 3개의 등급으로 安定度를 산정하고 있기 때문이다.

CALINE 3 모델의 경우는 安定度에 따른 感應度가 매우 작게 나타나고 있으며, PAL 모델의 경

우는 安定度 4, 5, 6의 구간에서는 작은 感應度를 나타내고 있으나 安定度 1, 2, 3의 구간에서는 다소 높은 感應度를 나타내고 있다.

3.2.4 排出量, 排出係數 變化에 따른 感應度의 比較

HIWAY 2 모델과 PAL 모델에서는 排出量을 사용자가 排出係數를 이용하여 계산하여 입력하도록 되어 있다. 이에 비하여 CALINE 3 모델에서는 도로의 차량대수(대/시간)만을 입력하면 프로그램내에 내장되어 있는 배출계수(30 g/min·대)를 이용하여 排出量을 계산하게 되어 있다.

따라서 본 연구에서는 세 모델을 같은 조건에서 평가하기 위하여 HIWAY 2 모델과 PAL 모델에서의 배출량은 CALINE 3 모델에서 사용하고 있는 배출계수를 이용하여 계산하여 입력하였으며 排出量에 따른 感應度係數 算定結果는 그림 6과 같다.

그 결과, 차량대수 2,000대를 한 단위로 하였을 때 感應度係數는 모든 모델, 모든 구간에 대해서 0.2로 같은 값을 나타내고 있다. 이는 오염물의 농도가 排出量에 正比例하는 가우스확산식에 의한 것이며 排出係數의 경우도 마찬가지다. 2,000대에 대한 感應度係數가 0.2라는 것은 모델이용에 있어서 排出量의 값이 상당히 感應度가 큰 것

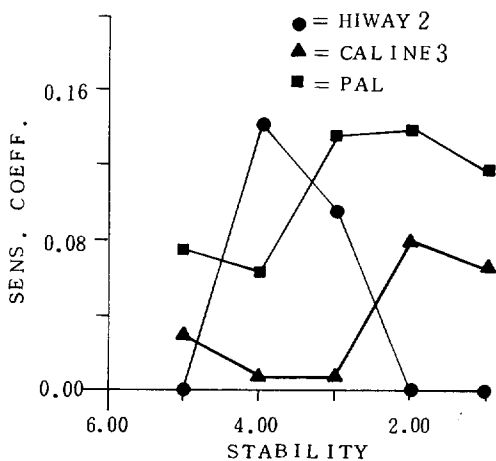


Fig. 5 The sensitivity coefficient with stability

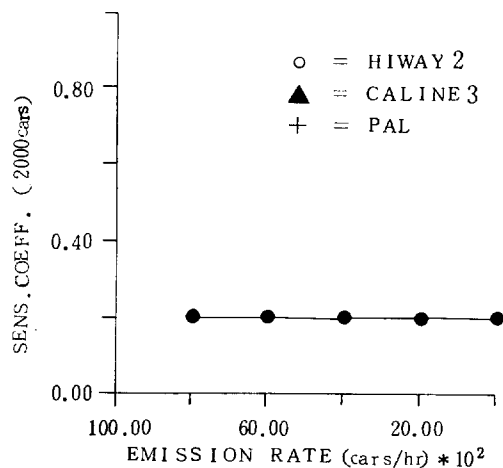


Fig. 6 The sensitivity coefficient with emission rate

이라 할 수 있으므로 입력시에 주의를 요한다고 할 수 있다.

또한 排出係數의 경우 車種이나 차령, 使用燃料, 燃料經濟, 路面狀態등의 여건에 따라 커다란 차이를 보이므로 CALINE 3 模型과 같이 일률적으로 적용하는 것은 바람직하지 못하다고 할 수 있다.

3.2.5 混合高變化에 따른 感應度의 比較

混合高變化에 따른 각 模型別, 各 區間別 感應度 係數가 그림 7에 나타나 있다.

HIWAY 2, CALINE 3, PAL의 세 模型 모두 10~100m의 구간에서만 농도값의 차이를 보이고 있을 뿐 다른 구간에서는 混合高의 영향이 나타나지 않는 것으로 보여지고 있다.

10~100m의 구간에서는 HIWAY 2 模型이 0.151로 세 模型중 가장 높은 값을 나타내고 있으며, CALINE 3 模型도 0.123으로 비교적 높은 값을 나타내고 있으나 PAL 模型의 경우는 0.008로 매우 낮은 感應度 係수를 나타내고 있다.

따라서 CALINE 3나 HIWAY 2 模型의 이용하는 混合高가 지표 가까이 존재하는 경우 즉 밤이나 겨울의 경우 混合高의 精確한 實測이 요구되고, 大氣汚染事件이 대기가 安定하고 混合高가 낮은 상태에서 자주 일어나는 점을 감안할 때 混合高가 結果濃度에 미치는 영향에 대한 보다 精確한 研究가 있어야 하리라 보인다.

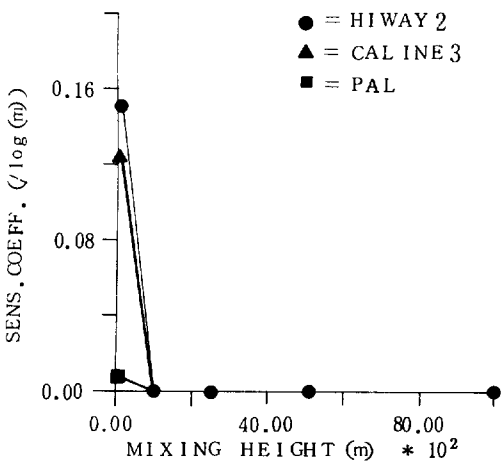


Fig. 7 The sensitivity coefficient with mixing height

3.2.6 着地點 높이에 따른 感應度의 比較

着地點 높이에 따른 模型別, 구간別 感應度 係數가 그림 8에 나타나 있다.

세 模型 모두 가우스확산식을 이용하여 농도를 계산하기 때문에 着地點의 높이에 따른 濃度分布도 正規分布를 이루고 있는 것으로 보인다.

HIWAY 2나 PAL 模型의 경우 3~5m 높이에 서 가장 큰 感應度를 보이고 있는 것으로 보아 이 부근이 正規分布의 變曲點과 관계가 있는 것으로 보인다. CALINE 3 模型의 경우 0~1m 부근에서 感應度가 가장 높게 나오는 것은 그림 1의 風下距離에 따른 濃度分布에서도 다른 模型에 비하여 가장 가까운 거리에서 最高濃度와 變曲點이 나타나게 되는 CALINE 3 模型의 有限線汚染源 計算方式과 初期擴散係數 算定方式에 기인한다고 할 수 있다.

전반적으로 낮은 感應度값을 보이나, 낮은 高度에서 感應度가 높게 나오는 것으로 미루어 볼 때 大氣汚染 實測時에 實測地點의 높이에 대해 留意성을 가지는 것이 필요하다.

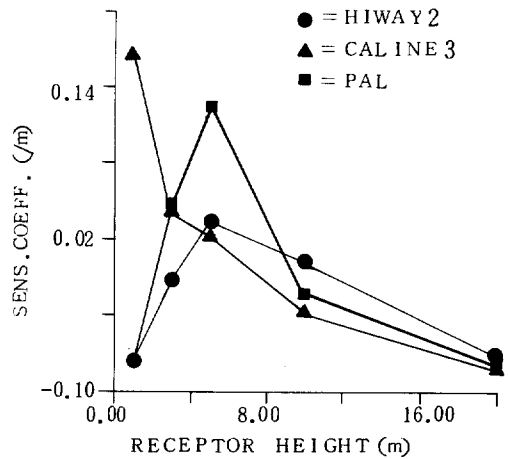


Fig. 8 The sensitivity coefficient with receptor height

3.2.7 初期垂直擴散係數와 初期水平擴散係數 變化에 따른 感應度의 比較

初期垂直擴散係數(σ_{z0})와 初期水平擴散係數(σ_{y0})를 입력자료로 요구하는 것은 PAL

模型으로 感應度 계수가 각각 그림 9와 그림 10에 나타나 있다.

σ_{yo} , σ_{zo} 모두 별다른 感應度變化를 보이고 있지 않으나 σ_{yo} 의 경우는 입력값 2.0의 구간에서 다소 높은 값을 보이고, σ_{zo} 의 경우는 1.5 이하의 값에서는 σ_{zo} 의 값이 증가함에 따라 농도는 증가하고, 1.5 이상의 값에 대해서는 오히려 농도가 감소하는 경향을 보이는 것이 특징이다.

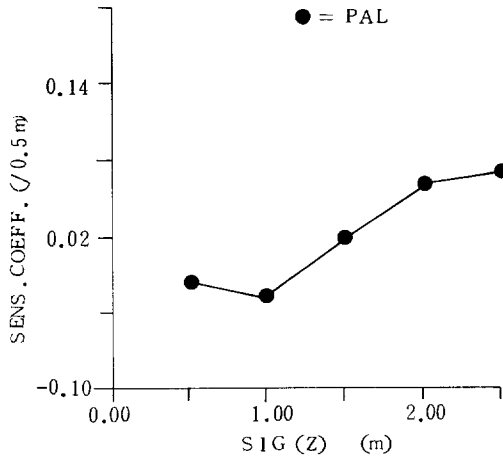


Fig. 9 The sensitivity coefficient with initial vertical dispersion coefficient

3.2.8 표면거칠기와 平均化時間 變化에 따른 感應度의 比較

표면거칠기와 平均化時間은 CALINE 3 模型에서 필요로 하는 입력변수로 感應度 係數의 變化는 그림 11과 그림 12에 나타나 있다.

그림에서와 같이 전반적으로 낮은 感應度값을 보이고 있으며, 15분에서 30분의 平均化時間의 구간에서 0.121로 다소 높은 感應度값을 나타내

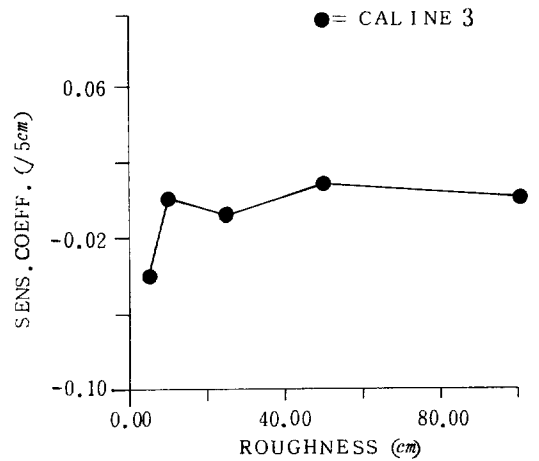


Fig. 11 The sensitivity coefficient with roughness

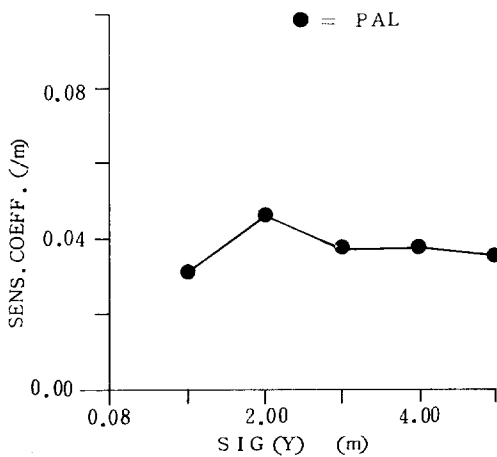


Fig. 10 The sensitivity coefficient with initial horizontal dispersion coefficient

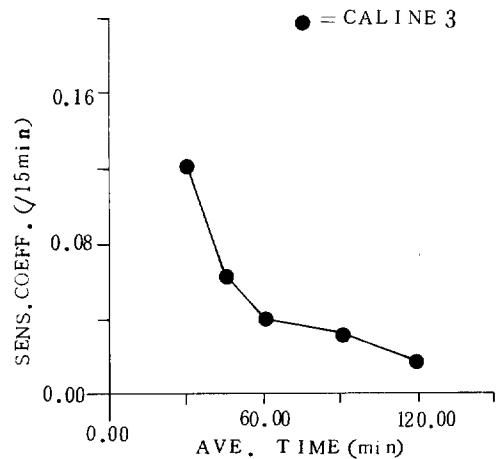


Fig. 12 The sensitivity coefficient with averaging time

고 있다.

그러나 일반적으로 實測하는 경우에 平均化時間이 변함에 따라 농도차가 크게 나타나는 것을 감안할 때 이 분야에 대한 補強이 있어야 할 것으로 사료된다.

4. 結 論

HIWAY 2, PAL, CALINE 3의 세계의 移動汚染源에 대한 大氣擴散模型의 感應度 分析結果 PAL 模型이 다른 두 模型에 비해서 전체적으로 높은 농도값을 보이고, 도로변에서는 CALINE 3 模型이, 어느 風下距離에 이르고부터는 HIWAY 2 모형이 더 높은 농도값을 보이고 있다.

HIWAY 2, PAL, CALINE 3模型이 공통으로 요구하는 입력변수들의 感應度 係數가 높은 구간은 서로 다르게 나타나고 있다. 즉 풍속에서는 HIWAY 2와 CALINE 3模型은 0-1m/sec 구간, PAL 模型은 1-2m/sec 구간이 풍향에서 HIWAY 2는 0-30도 구간, PAL은 0-15도, CALINE 3는 30-45도 구간이 안정도에서 PAL와 CALINE 3模型은 1, 2, 3구간, HIWAY 2는 4, 5구간이, 혼합고는 세模型 모두 10-100m 구간이, 착지점높이에서는 HIWAY2와 PAL模型은 3-5m 높이, CALINE 3는 0-1m 높이에서 感應度 係數가 다른 模型에 비하여 높게 나타나고 있다.

(原稿接受 '89.1.10)

參 考 文 獻

1. 韓國科學技術院, (1983), 대기, 수질 환경관리 전산모델 연구(제1차), 3~5.
2. 姜柄俊, (1986), 대기확산模型의 正合度에 관한 연구, 서울대학교 환경대학원 석사학위논문.
3. 김도원, (1986), 대기확산模型의 感應度 分析에 관한 연구, 서울대학교 공과대학 석사학위논문.
4. 趙康來외 3인, (1987), 자동차에 의한 오염물질 배출계수 및 배출량 산정에 관한 연구, 대기보전학회지, 3, 1, 55~64.
5. John S. Irwin, Tony M. Brown, (1985), A Sensitivity Analysis of Area Sources by the Climatological Dispersion Model, JAPCA, 35, 4.
6. State of California Department of Transportation Division of Construction Office of Transportation Laboratory, (1979), Caline 3-A Versatile Dispersion Model for Prediction Air Pollutant Levels near Highways and Arterial Streets, California.
7. William B. Peterson, (1980), User's Guide for HIWAY 2. A HIWAY Air Pollution Model, U.S.EPA.
8. William B. Peterson, (1978), User's Guide for PAL. A Gaussian Plume Algorithm for Point, Area, and Line Sources, U.S.EPA.
9. Dabberdf, W.F., (1975), Studies of Air Quality On and Near Highways, Standard Research Institute.
10. M. Koda, (1982), Sensitivity Analysis of the Atmospheric Diffusion Equation, Atmospheric Environment, 16, 10.
11. U.S.EPA., (1978), Mobile Source Emission Factors, EPA 400/9-78-006.