

Research Paper

환경영향평가에서의 대기질 확산모델 적용방법 개선 연구(II)

– AERMOD 모델 적용방법을 중심으로 –

김수향* · 박선환* · 주현수** · 소민섭*** · 이내현****

(주)선일이앤씨*, 한국환경연구원**, 광운대학교 환경공학과***, 한국교육환경보호원****

A Study on Improvement of Air Quality Dispersion Model Application Method in Environmental Impact Assessment (II)

– Focusing on AERMOD Model Application Method –

Suhyang Kim* · Sunhwan Park* · Hyunsoo Joo** · Minseop So*** · Naehyun Lee****

Sunil Engineering&Consultant, Co., Ltd.*

Korea Environment Institute**

Department of Environmental Engineering, Kwangwoon University***

Korea Educational Environment Protection Agency****

요약: 우리나라 환경영향평가서의 대기모델 적용 실태를 조사하기 위하여 2021년부터 2022년까지 협의가 완료되어 환경영향평가정보지원시스템(EIASS)에 공개된 환경영향평가서를 분석한 결과 AERMOD가 89.0%로 가장 많이 사용되었다. AERMET과 AERMOD의 버전 불일치는 25.3%로 나타났으며, 산업단지 및 도시개발사업의 발생하는 오염물질 배출량 산정시 적용한 가동시간과 모델에 적용한 가동시간의 불일치는 50.6%로 나타났다. 근산지역의 단순 및 복잡지형에서 다양한 버전의 AERMET과 AERMOD 모델을 면오염원과 점오염원에 적용한 결과, AERMOD 버전 12(15181) 이후부터는 동일한 값을 나타내었다. 배출량은 24시간 가동을 기준으로 산정하고, 모델에는 주간 8시간 가동을 적용하는 가변 배출계수 옵션을 사용할 때, 예측농도는 단순 및 복잡지형에서 면오염원은 32.06~74.27%, 점오염원은 14.85~43.13% 축소되는 것으로 나타났다. 따라서 AERMOD 모델의 가변 배출계수 적용 오류를 방지하기 위해서는 환경영향평가서에 배출량 산정과정을 명확히 제시하고, 모델링 입력자료 구성에 대한 구체적인 설명이 요구되며, 환경영향평가 전문 검토기관에서는 보다 철저한 검토가 필요하다.

주요어: 환경영향평가, AERMOD, AERMET, 가변배출계수

Abstract: The AERMOD model was the most used, accounting for 89.0%, based on the analysis of the environmental impact assessment reports published in the Environmental Impact Assessment

First Author: Suhyang Kim, Tel: +82-31-382-8385, E-mail: shzwei@gmail.com, ORCID: 0000-0003-3162-2796

Corresponding Author: Sunhwan Park, Tel: +82-31-382-8385, E-mail: pbs827@nate.com, ORCID: 0000-0003-0889-8161

Co-Authors: Hyunsoo Joo, Tel: +82-44-415-7675, E-mail: hsjo0@kei.re.kr, ORCID: 0000-0002-1293-4754

Minseop So, Tel: +82-31-348-0028, E-mail: sms0058@hanmail.net, ORCID: 0009-0008-3982-2526

Naehyun Lee, Tel: +82-43-710-4011, E-mail: kuknhlee@schoolkeepa.or.kr, ORCID: 0000-0002-0790-8682

Received: 30 March, 2023. Revised: 21 July, 2023. Accepted: 25 July, 2023.

Information Support System (EIASS) between 2021 and 2022. The mismatch of versions between AERMET and AERMOD was found to be 25.3%. There was the operational time discrepancy of 50.6% from industrial complexes, urban development projects between used in the model and applied in estimating pollutant emissions. The results of applying various versions of the AERMET and AERMOD models to both area sources and point sources in both simple and complex terrain in the Gunsan area showed similar values after AERMOD version 12 (15181). Emissions are assessed as 24-hour operation, and the predicted concentration in both simple and complex terrain when using the variable emission coefficient option that applies an 8-hour daytime operation in the model is lowered by 37.42% ~ 74.27% for area sources and by 32.06% ~ 54.45% for point sources. Therefore, to prevent the error in using the variable emission coefficient, it is required to clearly present the emission calculation process and provide a detailed explanation of the composition of modeling input data in the environmental impact assessment reports. Also, thorough reviews by special institutions are essential.

Keywords : Environmental Impact Assessment, AERMOD, AERMET, Variable emission factors

I. 서론

AERMOD 모델은 미국기상학회와 미국환경보호청(AERMIC; American Meteorological Society/EPA Regulatory Model Improvement Committee)이 공동으로 개발한 대기확산 모델로, 단순지형에서 ISC3 모델의 단점과 복잡지형에서 CTDMPLUS 모형의 복잡성을 보완하기 위해 개발되었다. 이 모델은 2005년부터 미국 EPA에서는 선호/권장 모델로 사용하도록 권고되고 있다(EPA 2005, 2017, 2022). 우리나라 환경영향평가에는 2009년 환경부의 환경영향예측모델 사용안내서 발표 이후 AERMOD 모델이 주로 사용되고 있다(Ministry of Environment 2009).

AERMOD 모델의 기상 전처리 프로그램인 AERMET은 버전 1(04300)부터 버전 13(22112)까지 업그레이드가 되었으며, AERMOD는 버전 1(04300)부터 버전 17(22112)가 발표되어 사용되고 있다(EPA, SCRAM Homepage).

미국 EPA의 규제 대기모델링 지원센터(SCRAM; Support Center for Regulatory Atmospheric Modeling)에서는 대기 모델에 대한 개선이 이루어지면 해당 모델의 소스파일, 실행파일, 테스트파일, 매뉴얼을 홈페이지에 게시하고 과거 버전은 삭제하고 있다.

본 연구에서는 2021년부터 2022년까지 협의가 완료되어 환경영향평가정보지원시스템(EIASS)에 공개되어 있는 환경영향평가서를 분석하여 대상 사업별로 사용되는 대기모델의 종류를 파악하고, 가장 많이 사용되고 있는 AERMOD 모델의 적용 문제점을 분석하였다. 또한, 문제점에 대해 버전별 AERMET과 AERMOD 모델을 단순지형과 복잡지형의 점오염원과 면오염원에 적용하여 예측결과의 차이를 분석하고, 모델 운영상의 개선방법을 도출하였다.

II. 연구방법

1. 대기모델 적용현황 조사

2021년부터 2022년까지 협의가 완료되어 환경영향평가정보지원시스템(EIASS)에 공개된 환경영향평가서를 분석하여 대기모델의 적용현황을 조사하였다.

조사된 환경영향평가서는 14개 분야의 총 210개 사업으로 구성되어 있다. 이 중 산업단지 사업이 52개, 도시개발 사업이 37개, 도로 사업이 23개, 에너지개발 사업이 18개, 철도 사업이 15개, 관광지개발 사업이 14개 등이 포함되어 있다.

조사내용은 환경영향평가 대기질, 악취, 위생·공중보건 항목의 건강영향평가에 사용된 모델종류와 AERMOD, AERMET의 사용버전, 오염원 입력형태,

Table 1. List of the analyzed EIA reports

Projects	Case	Ratio (%)
Industrial complex	52	24.8
Urban development	37	17.6
Road	23	11.0
Energy sources	18	8.6
Railroad	15	7.1
Tourism complex	14	6.7
Harbor	13	6.2
Sports facility	11	5.2
Extraction of earth and stone	11	5.2
Waste disposal facility	11	5.2
River	2	1.0
Airport	1	0.5
Mountainous district	1	0.5
Particular area	1	0.5
Total	210	100.0

Table 2. Model input conditions (Kim et al. 2022)

Item	Point Source	Area Source
Area (m ²)	-	250,000
Stack height (m)	35	-
Stack diameter (m)	0.8	-
Exit velocity (m/s)	14.0	-
Exit temperature (K)	423.15	-
Emission rate (g/s)	1.0	1.0 (4.0E-06g/m ² ·s)

배출량 입력 옵션 중 가변 배출계수(EMISFACT) 적용실태를 조사하였다.

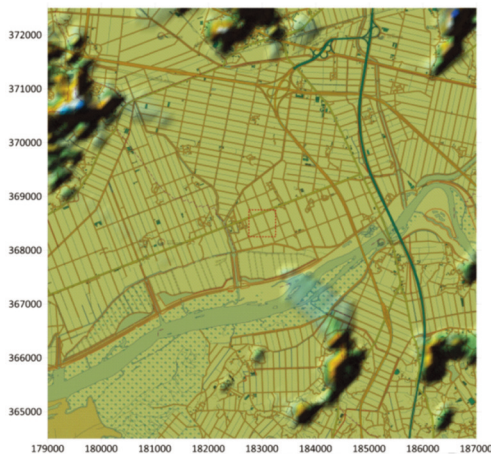
2. AERMOD 모델 적용 문제점 분석

환경영향평가서의 대기모델 적용 현황을 바탕으로 환경영향평가 대기질 예측에 가장 많이 사용하고 있는 AERMOD 모델을 이용하여 AERMET과 AERMOD 버전별 예측결과를 분석함과 아울러 오염물질 배출시간에 따른 가변 배출계수(EMISFACT) 옵션의 적용

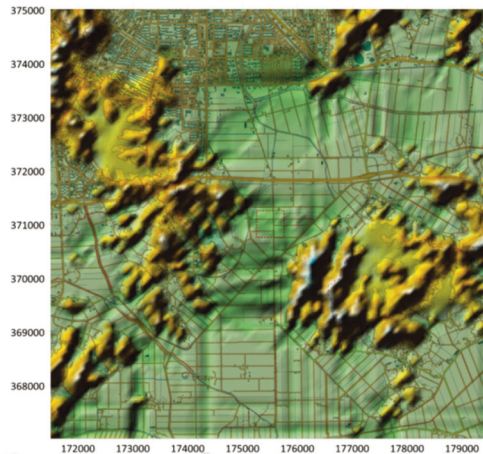
오류에 따른 차이를 분석하였다.

모델 적용 대상지역은 군산지역을 대상으로 단순지형과 복잡지형으로 구분하여 점오염원과 면오염원을 입력하여 비교하였다. 점오염원은 ○○군 생활폐기물 소각시설(40톤/일)의 연돌계원을 이용하였으며, 면오염원은 250,000m² (500m×500m)를 가정하였다. 예측대상 오염물질은 환경영향평가 시 빈번히 환경기준을 초과하고 있는 이산화질소(NO₂)를 선정하였고, 배출량은 1.0g/s로 입력하였다(Kim et al. 2022).

군산의 해안지역은 매립으로 조성된 평탄한 공업지역이며, 내륙은 구릉지대로 복잡지역으로, 같은 지역이 다양한 지형 형태로 구성되어 있어 모델링 지역으로 선정하였다. 발전소, 광역 폐기물 처리시설과 같이 대형 오염원은 넓은 영역에까지 영향을 미치기 때문에 환경영향평가시 시간별 3차원 기상장을 고려하는 CALPUFF 모델을 적용하는 것이 적합하다(문난경 외, 2005). 따라서 주로 AERMOD를 이용하여



Simple terrain (Case 1-1)



Complex terrain (Case 1-2)

Figure 1. Locations of the study area

Table 3. AERMET and AERMOD versions used for analysis

AERMET	AERMOD
Version 3 (11059)	Version 6 (11103)
Version 4 (12345)	Version 9 (12345)
Version 7 (15181)	Version 12 (15181)
Version 9 (18081)	Version 14 (18081)
Version 10 (19191)	Version 15 (19191)
Version 12 (21112)	Version 17 (21112)

영향예측을 수행하는 소형 배출원의 특성에 맞는 굴뚝 제원을 선정하였다.

AERMET, AERMOD 버전별 예측결과 차이를 분석하기 위하여 총 6가지 버전을 이용하였다(Table 3). 고층 및 지표 기상자료는 2020년 광주고층기상대와 군산기상대 자료를 입력하였으며, EPA(2020)의 규정에 따라 오염원 중심으로부터 12방위 토지피복을 고려한 Roughness length, Albedo, Bowen ratio를 적용하였다.

또한, 가변 배출계수(EMISFACT) 중 시간(HROFDY) 배출을 적용에 따른 영향 정도를 살펴보기 위하여 1일 24시간 연속 배출조건과 1일 주간 8시간 배출조건을 비교하였다.

III. 연구결과 및 고찰

1. 대기모델 사용종류

조사된 14개 분야 210개 환경영향평가서에서 사용된 대기확산 모델을 조사한 결과 AERMOD가 187개 사업(89.0%), CALPUFF가 23개 사업(11.0%)으로 AERMOD 모델이 가장 많이 사용되고 있는 것으로 나타났다. 또한 광화학 모델인 CMAQ은 에너지개발 사업에서 PM-2.5 및 O₃ 예측시 사용되었으며, CALINE3 모델은 도로건설 사업 운영시 또는 산업단지 및 도시개발 등의 도로 운영시 대기질 예측에 사용된 것으로 나타났다.

2. AERMOD 적용현황 분석

1) AERMOD 버전별 활용 현황

환경영향평가에 사용된 AERMOD 모델의 버전을 조사한 결과(Figure 2), 버전 15(19191) 적용이 67건(35.83%)으로 가장 많고, 버전 14(18081), 버전 6(11103) 적용 각각 27건(14.44%), 버전 3(07026) 적용 12건(6.42%), 버전 17(21112) 적용 9건(4.81%), 버전 14(16216) 적용 8건(4.28%) 등으로 다양하게 적용되고 있는 것으로 나타났으며, 17건은 모델 출력문이 제시되지 않아 확인되지 않았다. AERMOD 모델이 미국

Table 4. Types of air dispersion model used in environmental impact assessment

Projects	Case	AERMOD	CALPUFF	CMAQ	CALINE3
Industrial complex	52	48	4	-	4
Urban development	37	35	2	-	8
Road	23	23	-	-	18
Energy sources	18	8	10	10	-
Railroad	15	13	2	-	-
Tourism complex	14	14	-	-	-
Harbor	13	11	2	-	-
Sports facility	11	11	-	-	-
Extraction of earth and stone	11	10	1	-	2
Waste disposal facility	11	9	2	-	1
River	2	2	-	-	-
Airport	1	1	-	-	-
Mountainous district	1	1	-	-	-
Particular area	1	1	-	-	-
Total	210	187	23	10	33

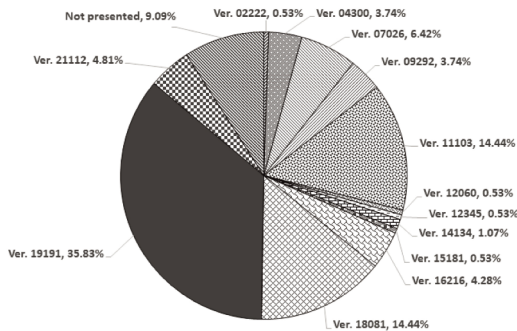


Figure 2. AERMOD versions used in EIA

EPA의 선호/권장 모델로 지정되지 않은 2004년 이전 버전을 사용한 경우도 8건(4.28%)으로 조사되었다.

이와같이 환경영향평가에서 다양한 AERMOD 버전이 사용되는 이유는 미국 EPA의 규제 대기모델링 지원센터(SCRAM)에서 AERMOD 모델의 업그레이드시 과거 버전을 즉시 삭제하며, 배포되는 실행파일에는 별도의 버전 표시가 없기 때문에 환경영향평가 대행업체는 기존에 사용하던 AERMOD를 계속 사용하기 때문인 것으로 판단된다.

2) AERMET과 AERMOD 버전 일치여부

미국 EPA의 규제 대기모델링 지원센터(SCRAM)에서는 AERMOD 업그레이드시 대부분 AERMET 수정버전을 같이 배포하므로 같은 버전을 사용하여야 올바른 대기질 예측이 이루어진다. 우리나라 환경영향평가에서 사용된 AERMET과 AERMOD 버전 차이를 조사한 결과, 일치하는 건수가 71건(41.8%), 불일치 43건(25.3%)로 나타났으며, 모델 출력문에서

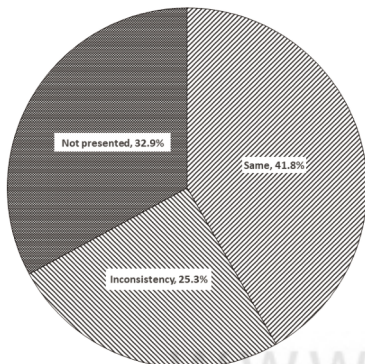


Figure 3. AERMOD and AERMET versions matching ratio

AERMET 버전이 표시되지 않아 확인이 어려운 과거 버전이 56건(32.9%)으로 나타났다(Figure 3).

3) 가변 배출계수 적용현황

AERMOD 모델은 다양한 조건의 오염물질 배출량 특성을 반영하기 위해 가변 배출계수(EMISFACT)를 이용하여 계절(SEASON), 월(MONTH), 시간(HROFDY), 풍속(WSPPEED) 등에 따른 배출 비율을 변화시킬 수 있다.

산업단지 조성사업과 도시개발사업의 경우 운영시 연료사용 등에 의한 대기오염물질 배출량을 산정하기 위해 활동도로 연간 에너지 사용량과 에너지 단위당 오염물질 발생 배출계수를 이용하여 모델 입력 단위인 초당 오염물질 배출량(g/s)으로 산정한다. 공사시의 경우 1일 주간 8시간 운영을 기준으로 오염물질 배출량을 산정하기 때문에 가변 배출계수를 적용하고 있다. 그러나, 운영시의 경우 대부분 24시간 가동을 가정하기 때문에 가변 배출계수를 적용하면 사업시행으로 인한 영향이 축소되는 결과가 발생한다. 이에 산업단지 및 도시개발사업을 대상으로 AERMOD 모델의 가변 배출계수 옵션 적용현황을 조사하였다.

Table 5와 같이 AERMOD 모델을 적용한 산업단지 및 도시개발사업 83개 환경영향평가서 중 가변 배출계수(EMISFACT)를 올바르게 적용한 경우가 28개 사업(33.7%), 24시간 가동을 8시간 내지 임의의 시간만 가동된다고 잘못 적용된 경우가 42개 사업(50.6%)이었으며, 모델링 결과를 제시하지 않은 사업은 13개(15.7%)로 나타났다. 산업단지 조성사업 48개 중 가변 배출계수(EMISFACT)를 올바르게 적용된 사업은 27개 사업(56.3%)이었으며, 도시개발 사업 35개 중 가변 배출계수(EMISFACT)를 올바르게 적용한 경우가 15개 사업(42.8%)으로 산업단지 개발사업에서 오류가 더 많은 것으로 나타났다.

가변 배출계수 옵션에 대한 적용 오류가 많이 발생한 것은 첫째, 공사시 영향예측 입력파일을 수정하지 않고 운영시 사용하거나, 둘째, 대기질, 악취, 건강영향평가지 환경기준을 초과함에 따라 인위적으로 가변 배출계수를 조정한 것으로 보인다. 즉, 배출량 산정은 24시간 가동으로 산정하고 모델링 수행시 주간

Table 5. Concordance cases between the variable emission factor options and emissions calculation

Cases	Total		Industrial complex		Urban development	
	Case	%	Case	%	Case	%
Same	28	33.7	11	22.9	17	48.6
Inconsistency	42	50.6	27	56.3	15	42.8
Not presented	13	15.7	10	20.8	3	8.6
Total	83	100.0	48	100.0	35	100.0

(09~18시) 8시간만 배출되는 것으로 모델에 입력되었다면 1/3이상 농도 저평가가 이루어졌다고 볼 수 있다. 이와 같이 모델링 과정에서 의도하지 않게 예측이 과소평가되어 환경영향평가가 협의 완료되었다면 주민의견 수렴과정이 부적절하게 이루어질 수 있고, 주변에 신규개발 사업 누적평가지 환경기준을 초과하는 문제가 발생하여 협의가 지연될 수 있다. 이러한 예측결과 과소평가는 환경영향평가법 시행규칙 별표3(환경영향평가업에 대한 행정처분의 기준)에 따라 영업정지 6개월 및 별표3의2(환경영향평가기술자에 대한 행정처분의 기준)에 의해 참여기술자의 인정정지 9개월과 같은 중대한 처벌을 받을 수 있다.

3. 사례 적용을 통한 AERMOD 모델 적용 문제점 분석

1) AERMOD 버전별 가중농도 분석

Table 6과 같이 6가지 AERMOD 버전을 이용하여 사례대상 지역인 군산지역의 단순 및 복잡지형에 대

해 점오염원과 면오염원에 대한 영향예측을 수행하였다. 각 버전별 1시간, 24시간 최고 100순위 농도 분석결과 단순 및 복잡지형에서는 버전 6(11103)와 그 이후 버전의 농도차가 큰 것으로 나타났으며, 버전 12(15181) 이후부터는 동일한 농도값을 나타내었다.

AERMOD 모델에 있어 버전 12(15181) 이전과 이후에 차이가 발생하는 원인은 AERMET 버전 4(12345) 업데이트에서 AERMET 결과중 SURFACE OUTPUT 파일의 변수인 w* (convective velocity scale), VPTG (vertical potential temperature gradient above Zic), Zic (height of convectively-generated boundary layer)이 변경되었으며, AERMET 버전 7(15181)에서 Zim (height of mechanically-generated boundary layer) 변수처리 과정이 변경된 것에 기인된다(EPA, 2012, 2015).

따라서, 환경영향평가의 AERMOD 수행시 2015년 이후 공표된 모델의 사용이 바람직하나, AERMOD 모델의 버전업이 1~2년 주기로 이루어지고 있는 점

Table 6. Summary of predicted concentrations by AERMOD Version (100th Rank)

Case	(a) Area Source (ppb)			(b) Point Source (ppb)				
	Max.	Avg.	Median	Max.	Avg.	Median		
1hr	Case 1-1	Ver. 6 (11103)	111.43	73.17	88.59	19.23	11.09	10.93
		Ver. 9 (12345)	67.61	50.92	53.19	16.88	10.47	9.88
		Ver. 12 (15181)	67.61	50.99	53.75	16.49	10.27	9.61
		Ver. 14 (18081)	67.61	50.99	53.75	16.49	10.27	9.61
		Ver. 15 (19191)	67.61	50.99	53.75	16.49	10.27	9.61
		Ver. 17 (21112)	67.61	50.99	53.75	16.49	10.27	9.61
	Case 1-2	Ver. 6 (11103)	101.53	78.00	84.16	75.49	52.42	50.99
		Ver. 9 (12345)	106.52	85.11	88.63	75.31	51.60	50.22
		Ver. 12 (15181)	105.67	84.23	88.48	74.82	50.99	49.22
		Ver. 14 (18081)	105.67	84.23	88.48	74.82	50.99	49.22
		Ver. 15 (19191)	105.67	84.23	88.48	74.82	50.99	49.22
		Ver. 17 (21112)	105.67	84.23	88.48	74.82	50.99	49.22

Table 6. Continued

Case			(a) Area Source (ppb)			(b) Point Source (ppb)		
			Max.	Avg.	Median	Max.	Avg.	Median
24hr	Case 1-1	Ver. 6 (11103)	13.40	9.99	10.52	0.96	0.64	0.62
		Ver. 9 (12345)	14.97	10.73	11.42	0.95	0.61	0.59
		Ver. 12 (15181)	14.97	10.81	11.47	0.93	0.60	0.59
		Ver. 14 (18081)	14.97	10.81	11.47	0.93	0.60	0.59
		Ver. 15 (19191)	14.97	10.81	11.47	0.93	0.60	0.59
		Ver. 17 (21112)	14.97	10.81	11.47	0.93	0.60	0.59
	Case 1-2	Ver. 6 (11103)	16.85	12.32	13.14	10.03	4.93	4.41
		Ver. 9 (12345)	18.36	13.02	13.85	9.90	4.86	4.29
		Ver. 12 (15181)	18.26	13.02	13.83	9.83	4.82	4.25
		Ver. 14 (18081)	18.26	13.02	13.83	9.83	4.82	4.25
		Ver. 15 (19191)	18.26	13.02	13.83	9.83	4.82	4.25
		Ver. 17 (21112)	18.26	13.02	13.83	9.83	4.82	4.25
Annual	Case 1-1	Ver. 6 (11103)	5.96	5.31	5.62	0.06	0.05	0.05
		Ver. 9 (12345)	6.40	5.74	6.04	0.06	0.05	0.05
		Ver. 12 (15181)	6.41	5.75	6.05	0.06	0.05	0.05
		Ver. 14 (18081)	6.41	5.75	6.05	0.06	0.05	0.05
		Ver. 15 (19191)	6.41	5.75	6.05	0.06	0.05	0.05
		Ver. 17 (21112)	6.41	5.75	6.05	0.06	0.05	0.05
	Case 1-2	Ver. 6 (11103)	7.07	6.29	6.49	1.03	0.62	0.56
		Ver. 9 (12345)	7.45	6.64	6.86	1.01	0.62	0.56
		Ver. 12 (15181)	7.45	6.63	6.85	1.00	0.61	0.56
		Ver. 14 (18081)	7.45	6.63	6.85	1.00	0.61	0.56
		Ver. 15 (19191)	7.45	6.63	6.85	1.00	0.61	0.56
		Ver. 17 (21112)	7.45	6.63	6.85	1.00	0.61	0.56

ref.) Case 1-1 : Simple terrain, Case 1-2 : Complex terrain

을 감안할 때 최신 또는 직전 버전의 사용이 적합할 것으로 사료된다.

2) 가변 배출계수 옵션 적용 오류에 따른 예측결과 분석

배출시간을 조정하는 가변 배출계수 옵션 적용오류에 따른 예측농도를 비교하기 위하여 동일 배출량 (1.0g/s (4.0E-06g/m²·s))으로 24시간 가동 및 가변 배출계수 옵션을 적용한 주간 8시간(09시~18시) 배출을 가정하였다. 예측농도는 단순지형과 복잡지형의 면오염원과 점오염원에 대해 AERMOD를 수행하여 1시간, 24시간 평균 100순위 최고값과 연평균 10순위 최고값을 비교하였다.

단순지형과 복잡지형의 면오염원과 점오염원에 대

해 동일한 예측을 실시한 결과 Table 7과 같이 복잡 지형에서의 예측농도가 훨씬 높게 나타났으며 이는 지형에 따른 연기층돌 내지 연기감힘 현상에 기인된 것으로 보인다.

AERMOD 모델의 가변 배출계수 적용 옵션을 적용하여 주간 8시간만 배출된다고 입력하면 24시간 연속 배출량의 1/3(33.33%)이 배출된다. 그러나 모델링 결과 100순위 1시간 예측값의 중앙값은 면오염원에서 54.45~74.27%, 점오염원에서 14.85~35.50% 낮게 예측되었다. 100순위 24시간 예측값의 중앙값은 면오염원에서 34.22~39.95%, 점오염원에서 24.96~42.62% 낮게 예측되었으며, 10순위 연평균 예측값의 중앙값은 면오염원에서 32.06~37.42%, 점오염원에서 21.26~43.13% 낮게 예측되어 예측기간이 길어질

Table 7. Summary of Predicted Concentrations by EMISFACT option

Case			Area Source (ppb)			Point Source (ppb)		
			Max.	Avg.	Median	Max.	Avg.	Median
1hr	Case 1-1	24-hour continuous emissions	67.61	50.99	53.75	16.49	10.27	9.61
		8-hour daytime emissions	44.53	37.32	39.92	3.13	1.65	1.43
		Ratio (%)	65.86	73.20	74.27	19.02	16.08	14.85
	Case 1-2	24-hour continuous emissions	105.67	84.23	88.48	74.82	50.99	49.22
		8-hour daytime emissions	75.55	43.98	48.17	48.98	19.37	17.47
		Ratio (%)	71.50	52.21	54.45	65.47	37.99	35.50
24hr	Case 1-1	24-hour continuous emissions	14.97	10.81	11.47	0.93	0.60	0.59
		8-hour daytime emissions	6.25	4.25	4.58	0.30	0.26	0.25
		Ratio (%)	41.77	39.30	39.95	32.72	42.47	42.62
	Case 1-2	24-hour continuous emissions	18.26	13.02	13.83	9.83	4.82	4.25
		8-hour daytime emissions	6.89	4.33	4.73	2.77	1.21	1.06
		Ratio (%)	37.72	33.27	34.22	28.22	25.04	24.96
Annual	Case 1-1	24-hour continuous emissions	6.41	5.74	6.05	0.06	0.05	0.05
		8-hour daytime emissions	2.43	2.08	2.26	0.01	0.01	0.01
		Ratio (%)	37.97	36.29	37.42	19.59	21.39	21.26
	Case 1-2	24-hour continuous emissions	7.45	6.63	6.85	1.00	0.61	0.56
		8-hour daytime emissions	2.34	2.03	2.20	0.32	0.25	0.24
		Ratio (%)	31.46	30.60	32.06	31.57	40.06	43.13

ref.) Case 1-1 : Simple terrain, Case 1-2 : Complex terrain

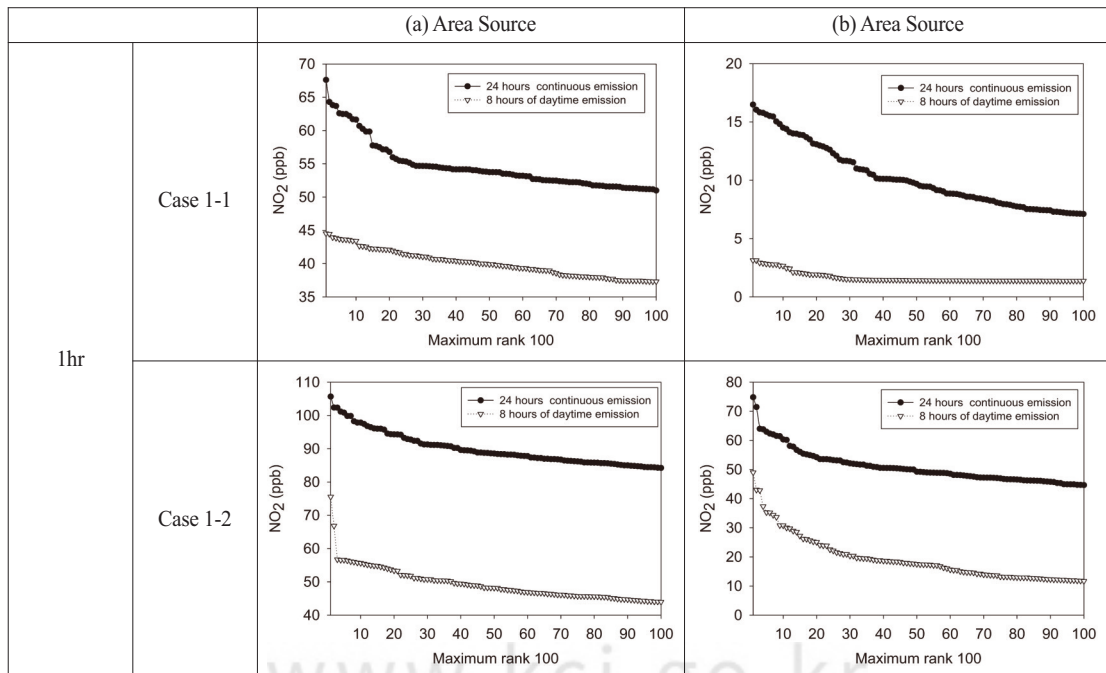
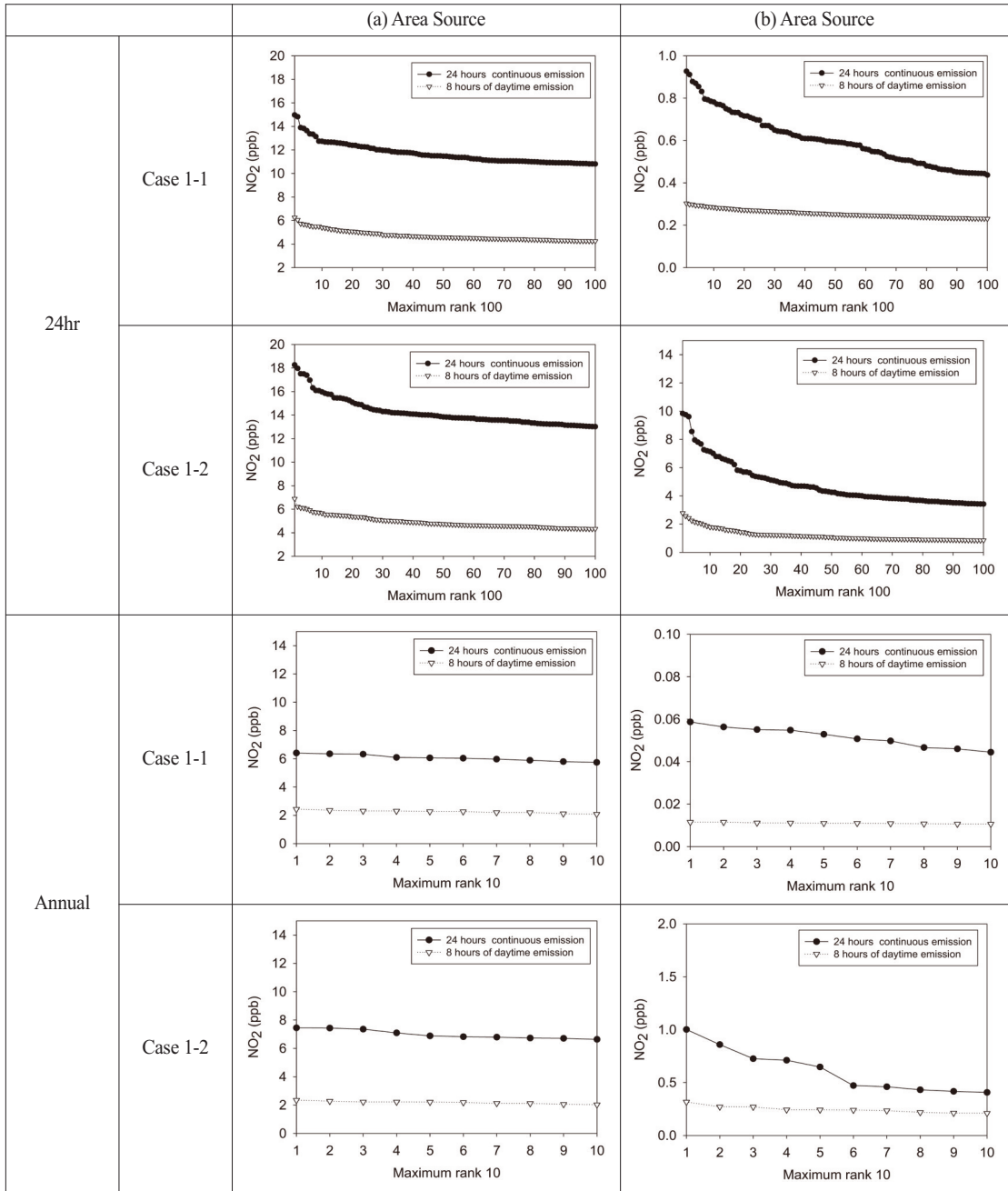


Figure 4. 100th maximum concentrations by emission times

수목 실제 배출 비율에 근접하였다. 이는 배출량이 1/3로 줄어들더라도 단기적인 예측에서는 지형 조건에 따라 연기층돌 및 연기간헐 현상으로 인해 일시적 고농도가 발생하는 점과, 장기 예측에서는 주간에 비해

야간에 풍속이 낮고, 혼합고가 낮아 야간에 오염물질의 영향이 더 커지지만 오염물질 배출되지 않으므로 평균 농도가 낮아지는 것으로 판단된다.

따라서 AERMOD 모델의 가변 배출계수 적용요류



ref.) Case 1-1 : Simple terrain, Case 1-2 : Complex terrain

Figure 4. Continued

를 방지하기 위해서는 환경영향평가서에 배출량 산정 과정을 명확히 제시하고, 모델링 입력자료의 구성에 대한 구체적인 설명이 요구되며, 환경영향평가 전문 검토기관에서는 보다 철저한 검토가 필요하다.

IV. 결론

본 연구에서는 2021년부터 2022년까지 협의 완료 되어 환경영향평가 정보지원시스템(EIASS)에 공개 하는 210개 환경영향평가서의 대기모델 적용 실태를 조사한 후 가장 많이 사용하고 있는 AERMOD 모델을 실제 사례지역에 수행하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 환경영향평가에 가장 많이 사용되고 있는 대기 모델은 AERMOD가 187개 사업(89.0%), CALPUFF가 23개 사업(11.0%)이며, 광화학 모델인 CMAQ와 선오염원 예측모델인 CALINE3가 사업종류에 따라 선택적으로 사용되는 것으로 나타났다.

2. 환경영향평가에 사용하고 있는 AERMOD 모델은 버전 0(02222)부터 버전 15(21112)까지 다양하게 사용되고 있으며, AERMOD와 AERMET 버전이 일치하지 않는 사업이 25.3%에 달하는 것으로 나타났다.

3. 산업단지 및 도시개발사업 오염물질 배출량 계산시 24시간 가동으로 산정하였음에도 불구하고 모델링시에는 주간 8시간 또는 임의의 시간만 가동된다고 가정하여 예측한 사업이 50.6%로 조사되어 예측 결과의 과소평가로 분석되었다.

4. 6가지 AERMOD 버전별로 단순지형과 복잡지형의 면오염원과 점오염원의 상위 100개 예측농도를 비교한 결과 AERMOD 버전 11(15181) 이후부터 동일한 농도값을 나타내었다.

5. AERMOD 모델의 가변 배출계수(EMISFACT) 옵션을 적용하여 24시간 연속배출과 주간 8시간 배출에 따른 예측농도를 비교한 결과 단순 및 복잡지형에서 면오염원은 32.06~74.27%, 점오염원은 14.85~43.13% 과소 예측되는 것으로 나타났다.

따라서 환경영향평가 대기질 예측 오류를 피하기 위해서는 대형업체에서는 최신 버전의 모델을 확인하

여 사용하고, 우리나라 기상관측에 알맞은 전처리 유틸리티 프로그램을 개발 보급함과 아울러 배출량 산정 및 모델 적용방법을 표준화할 필요가 있다.

또한 AERMOD 모델의 가변 배출계수 적용오류를 방지하기 위해서는 환경영향평가서에 배출량 산정과 모델링 입력자료 구성을 구체적으로 설명하고, 환경영향평가 전문 검토기관에서는 보다 철저한 검토가 필요하다.

사사

본 결과물은 환경부의 재원으로 한국환경산업기술원의 한국보건디지털 조사기반 구축기술개발사업의 지원을 받아 연구되었습니다(2021003330003).

References

- Kim SH, Park SH, Tak JS, Ha JS, Joo HS, Lee NH. 2022. A Study on Improvement of Air Quality Dispersion Model Application Method in Environmental Impact Assessment (I) – Focusing on AERMOD Meteorological Preprocessor. J. Environ. Impact Assess. 31(5): 271-285. [Korean Literature]
- EIASS (Environmental Impact Assessment Support System), [cited 2022 Dec. 3]. Available from <https://www.eiass.go.kr/>
- Environmental Protection Agency. 2005. 40 CFR Appendix W to Part 51 – Revision to the Guideline on Air Quality Models.
- Environmental Protection Agency. 2012. Model Change Bulletin MCB#3 AERMET (dated 12345).
- Environmental Protection Agency. 2015. Model Change Bulletin MCB#4 AERMET (dated 15181).
- Environmental Protection Agency. 2017. 40 CFR Appendix W to Part 51 – Revision to the

- Guideline on Air Quality Models.
Environmental Protection Agency. 2020. User's
Guide for AERSURFACE Tool.
- Environmental Protection Agency. 2022. User's
Guide for the AMS/EPA Regulatory Model
(AERMOD).
- Ministry of Environment. 2009. Environmental
Impact Prediction Model User Guide.
[Korean Literature]
- Mun NG, Lee YS, Gang YH, Kim YH. 2005.
The Application of Air Quality Models on
Environment Impact Assessment. Korea
Environment Institute. [Korean Literature]
- Support Center for Regulatory Atmospheric Modeling
[Internet]. Environmental Protection Agency;
[cited 2022 Jan. 3]. Available from : [https://
www.epa.gov/scram/air-quality-dispersion-
modeling-preferred-and-recommended-models
#aermod](https://www.epa.gov/scram/air-quality-dispersion-modeling-preferred-and-recommended-models#aermod)