

대기환경지수를 이용한 제주지역 대기질 평가에 관한 기초적 연구

허철구*, 이기호, 박용이¹⁾

제주대학교 환경공학과 · ¹제주전문대학 환경공학과

A Fundamental Study on the Assessment of Air Quality of Cheju Area by Air Quality Index

Chul-Goo Hu*, Ki-Ho Lee, Yong-Yi Park¹⁾

*Dept. of Environmental Engineering, Cheju National
University, Cheju, Chejudo, 690-756, Korea*

¹*Dept. of Environmental Engineering, Cheju Junior College,
Cheju, Chejudo, 690-714, Korea*

The assessment of the air quality of Cheju area was carried out by AI(Air Index) and AEI(Air Environment Index). The air quality data, which measured at two air pollution monitoring network(Idodong ; located at Cheju city, Yongsuri ; located at western coastal region of Cheju island), were used in this study. The average concentration of major air pollutants(SO₂, NO₂, CO, TSP(PM-10)) were very low, but the ozone(O₃) concentration remarkably high. The monthly AI values at Idodong and at Yongsuri were 7.0 ± 1.8 and 4.7 ± 1.4 , respectively, therefore the air quality was classified as 'Good' level. And the monthly AEI values at same regions were in the range of 16.9~20 and 20.1~28, respectively, so the air quality was classified as 'Moderate' level. We found that the same air quality data was assessed at different level according to estimating method by AI or by AEI. It seemed that the modification of the subindex and/or standard level was necessary to estimate AI and AEI practically. Also, it was found that the critical pollutant was ozone in estimating AI and AEI at Cheju area. But it assumed the ozone at Cheju area was caused by natural sources but anthropogenic sources. Thus, it seemed that the local background level of air pollutants was considered in estimating AI and AEI.

서론

최근 지구의 온난화, 오존층 파괴, 산성비 등과 같은 범지구적인 환경문제가 대두되면서 이들의 주범인 대기오염물질에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 이러한 대기오염물질은 일단 대기 중에 방출되면 제거가 거의 불가능하여 인체, 자연생태계 및 건축구조물 등에 큰 피해를 주게 된다¹⁾. 이렇듯 대기오염물질의 피해는 다양하게 나타나고 있고, 대기질을 구성하는 요소 또한 워낙 복잡하기 때문에 단편적인 측면에서 대기질을 측정, 분석하여 종합적인 대기질을 평가하는 것은 한계가 있으며 전 오염물질을 측정하여 대기질을 평가한다는 것도 사실상 불가능하다.

현재 우리 나라에서는 기술적, 경제적으로 관리 및 측정이 가능한 주요 대기오염물질 7개 항목(SO₂, NO₂, TSP, PM-10, CO, O₃, Pb)을 대기환경기준 설정항목으로 규정하여 이들 항목의 현황농도를 일반인에게 알리고 있으나 이러한 대기오염 수치는 단순한 대기중 오염물질 농도만을 나타내기 때문에 환경 전문가가 아니면 오염정도가 어느 정도인지는 알기가 어렵다. 그러므로 일반인에게 대기오염 상태를 쉽게 인식시키는 방편으로써 대기질을 종합적으로 평가할 수 있는 대기환경지표(Air Environment Indicator) 및 대기 환경지수(Air Environment Index)의 산정 필요성이 대두되었다. 환경지표나 환경지수를 연구하는 일부 학자들 간에는 이 두 용어를 구분하여 사용하는 경향이 있으나 환경상태를 단순화한 수치로 표

현한다는 점에서 환경지표나 환경지수는 공통성을 갖고 있으며 두 개의 수치가 서로 보완관계에 있어 구분 없이 혼용하여 사용하는 경우도 있다. 환경기준과 환경지수는 환경목표를 수립 및 시행하고 그 결과를 평가하는 환경정책에 있어서 유용한 도구로 활용되고 있다. 환경기준은 새로운 환경인자에 대한 추가 기준설정이 어렵고 환경기준의 객관적 판단과 환경상황의 개선에 따른 역할정립이 쉽지 않다는 점 등의 한계를 가지고 있어서 환경기준이 가지는 한계점을 보완할 수 있는 환경지수의 활용에 대한 필요성이 요구됨에 따라 캐나다, 미국 등을 중심으로 환경지수 개발 및 환경지수를 이용한 환경분야, 사회경제분야 등 전반에 걸친 평가방법에 관한 다양한 연구가 진행되고 있다^{2,3)}. 또한 일부 선진국에서는 실용성 있는 환경지수를 이미 개발하여 환경의 질을 파악하는데 있어서 이 환경지수를 활용하고 이를 통해 환경정책의 기본방향과 정책목표를 수립하고 있는 실정이다.

그러나 국내의 경우에는 대기환경기준의 달성여부를 대기질 평가의 유일한 척도로 활용하고 있어 대기질의 정량적이고 종합적인 평가가 제대로 이루어지지 않고 있다. 따라서 우리나라에서도 환경지표와 환경지수의 필요성이 인식되어 미국 환경처에서 개발한 환경지수를 우리나라 실정에 맞게 수정한 대기환경지수 산정법이 개발되었으나 지역환경 특성이 전혀 고려되지 않은 획일적인 평가기준으로 인해 실제 대기질을 정량적으로 평가하는데는 아직도 많은 문제점을 내포하고 있는 실정이다.

본 연구에서는 우리나라 국립환경 연구원에서 개발한 대기환경지수인 AI(Air Index)와 AEI(Air Environment Index)를 이용하여 인위적인 대기오염물질의 배출량이 아주 적어 청정지역으로 알려진 제주지역의 대기질을 평가하였다. 이 때 대기환경지수 값의 공간적인 차이점과 월별, 일중 시간에 따른 변동특성 및 주요오염물질 분석을 행하였으며 아울러 제주도과 같은 청정지역에 이와 같이 확일화된 대기환경지수 값을 적용했을 때의 문제점을 파악하고자 한다.

연구방법

대기질 측정자료

가 높은 평가자료를 얻을 수 있다. 본 연구에서는 제주지역의 대기환경지수를 산정하기 위해 환경부에서 운영하고 있는 제주시 이도동과 북제주군 한경면 용수리의 연속자동측정망 측정자료를 이용하였다. 자동측정망 설치지점은 Fig. 1에서 보는 바와 같이 지리적으로 제주도의 서쪽에 위치하며 주변에 농경지 및 목초지 등이 산재하고 서쪽으로 바다와 인접해 있는 한경면 용수리와 제주도 북쪽의 해발 70m 지점에 위치하여 주변에 차량왕래가 빈번한 주거·상업지역인 제주시 이도동 등 2개 지점이다. 그리고 대기질 자동측정망 관측자료는 1996년 4월부터 1997년 3월까지 1년간의 자료를 이용하였으며 이들 자료는 매 시간 평균 농도가 측정되어 있다.

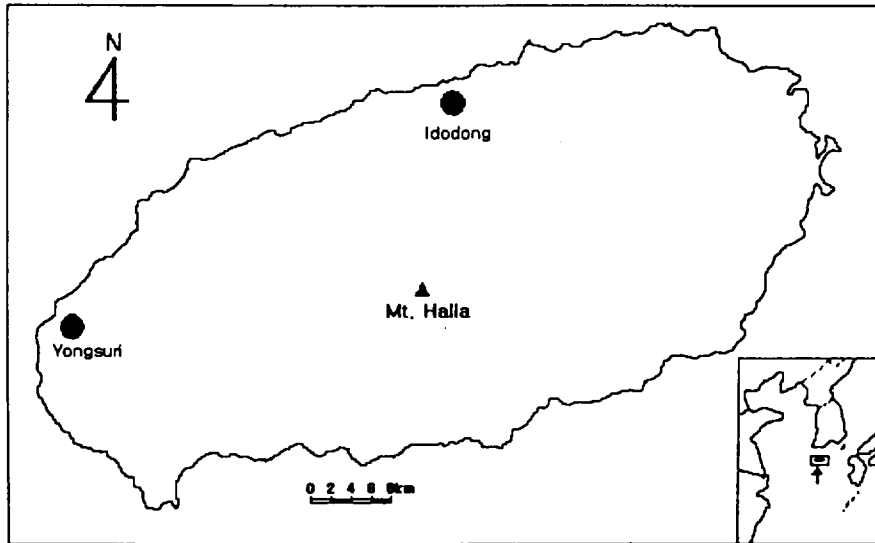


Fig. 1. The location of monitoring network

대기환경지수를 산정하기 위해서는 대기질의 연속측정이 가능한 지점에서의 측정자료를 이용해야 신뢰도

연구방법

우리나라에서 사용하고 있는 대기환경지수 산정방식은 AI와 AEI가 있

다. AI는 미국의 Oak Ridge National Laboratory에서 대기오염도를 환경기준치와 비교하여 0~1,000으로 점수화함으로써 일반인들의 이해가 쉽도록 하기 위하여 개발된 ORAQI(Oak Ridge Air Quality Index)를 우리나라 실정에 맞게 수정한 대기환경지수 산정방법이다. 여기서 얻은 지수값을 0~15(I등급), 15~30(II등급), 30~60(III등급), 60~80(IV등급), 80이상(V등급)으로 구분하여 '좋음', '보통', '나쁨', '매우 나쁨', '위해'의 5등급으로 평가하는 방법이다.

한편 미국 환경처에서는 주요 대기오염물질의 부지표(subindex) 값을 정하고 이를 미국의 대기환경기준, 심각한 유해농도 수준 등과 상호 비교하여 각 대기오염물질의 부지표 값을 산출한 후 그 중 최대값을 PSI(Pollutant Standards Index)로 선정하며 이때 최대값을 갖는 오염물질을 주요오염물질(Critical pollutant)로 채택하는 방식을 통해 주요오염물질의 PSI를 0~500점까지 점수화하여 대기질을 평가하는 방식을 사용하고 있다⁴⁾. AEI는 이 PSI를 우리나라의 국민정서와 실정에 맞게 개발한 대기환경지수 산정방식이며 주요오염물질로 선

정된 대기환경지수 값을 0~20(I등급), 20~40(II등급), 40~60(III등급), 60~80(IV등급), 80~100(V등급)의 5등급으로 구분하여 대기질을 평가하는 방법이다.

우선 AI를 산정하기 위해 자동측정망 측정자료 중 SO₂, CO, NO₂, TSP(PM-10), O₃의 5개 인자를 사용하였으며 기준치는 우리나라 대기환경 단기기준치인 SO₂ 0.14ppm(24시간), CO 9ppm(8시간), NO₂ 0.15ppm(1시간), TSP 300 μ g/m³(24시간), O₃ 0.1ppm(1시간), PM-10 150 μ g/m³(24시간)으로 하였으며 대기환경지수값 산출방법은 다음의 식과 같다.

$$AI = (5.97 \sum_{i=0}^5 (\frac{C_i}{S_i}))^{1.29}$$

여기서, C_i : 오염물질 i의농도
S_i : 오염물질 i의환경기준

그리고 AEI에 적용한 환경인자는 SO₂가 분진과 복합작용시에 유해도가 커지는 점을 고려하여 AI의 인자에 TSP×SO₂ 환경인자를 추가하였다. 환경기준치는 우리나라에서 사용중인 장·단기 기준치 및 EPA

Table 1. Standards for AEI estimation

Item	AEI	TSP	PM-10	SO ₂	TSP×SO ₂	CO	O ₃	NO ₂
		(μ g/m ³) 1hr	(μ g/m ³) 24hr	(ppm) 24hr	(μ g/m ³) ×ppm	(ppm) 8hr	(ppm) 1hr	(ppm) 1hr
Good	20	150	80	0.03	-	4.5	0.02	0.05
Moderate	40	300	150	0.14	-	9.0	0.10	0.15
Unhealthful	60	375	350	0.30	22.727	15	0.20	0.60
Very	80	625	420	0.60	91.259	30	0.40	1.20
Unhealthful	100	1000	600	1.00	171.329	30	0.60	1.60

(Environmental Protection Agency) 기준치를 이용하여 5개 범주로 구분하였으며 AEI를 구하기 위한 대기오염물질 기준치는 Table 1과 같다.

각 대기오염물질의 부지표 값은 아래와 같은 계산식으로 산정하였으며 각 부지표 값에서 가장 높은 지수 값을 선정하여 AEI로 설정하고 최대 값에 해당하는 대기오염물질을 주요 오염물질로 채택하였다.

$$I_i = \frac{I_2 - I_1}{X_2 - X_1}(X - X_1) + I_1$$

여기서, X : 대상농도 ($X_1 < X < X_2$)
 X_1 : 관측농도 1, X_2 : 관측농도 2
 I_i : 대상농도 X 에 대한 부지표의 값
 I_1 : 관측농도 1에 대한 부지표의 값
 I_2 : 관측농도 2에 대한 부지표의 값

$$AEI \text{ 값} = [I_i]_{\max}$$

결과 및 고찰

대기질 현황

환경 대기중의 오염물질농도는 대기오염 발생원에서의 배출량 뿐만 아니라 기상조건 등에 따라 많은 차이를 나타내는데 대기질의 경시변화 특성을 파악하기 위해 연속측정이 이루어지고 있는 환경부 대기오염 자동측정망의 1996년 4월부터 1997년 3월까지 1년간의 측정자료를 이용하여 월별 변화경향과 일중 시간에 따른 변화 특성을 비교·분석하였다.

제주시 이도동 측정소와 북제주군 한경면 용수리 측정소의 자료를 이용하여 대기질의 월별 변화경향을 Fig. 2에 나타냈다. 전체적으로 인위적인 오염원의 영향을 직접적으로 받고 있는 제주시 지역이 용수리 지역에 비

해 대기오염물질의 농도가 높고 월별 변동폭이 다소 높게 나타났다. 그러나 국내의 다른 대도시 지역이나 공업지역^{5,6)} 등과 비교하면 농도가 낮을 뿐 아니라 월별 변동폭도 훨씬 적은 편이다.

특이한 사항은 오존과 총 부유분진 농도가 봄철에 뚜렷이 증가되는 현상을 보이고 있는 점이다. 봄철에 총부유분진 농도가 증가하는 것은 매년 발생하는 황사현상의 영향으로 생각되며, 오존농도의 증가는 아직 명백한 결론이 내려지진 않았지만 여러 학자들^{7,8)}에 의해 제기되고 있는 봄철의 성층권 하강기류에 의한 오존이 유입에 기인한 것으로 추정되지만⁹⁾ 이에 대해서는 3차원적 기상자료 분석을 통한 보다 정밀한 연구가 필요하다고 생각된다.

그리고 Fig. 3에는 대기오염물질 농도의 일중 시간별 변화경향을 나타냈다. 한경면 용수리 측정소의 대기오염물질 농도는 일중 시간에 따른 변화가 거의 없이 일정한 값을 보이는 반면에 제주시 지역의 대기오염물질 농도는 출퇴근 시간 등 인간의 활동 시간대에 직접적인 반응을 보이는 시간적 변동특성을 나타냈다.

화력발전소와 난방연료 등에서 많이 배출되는 황산화물(SO₂)의 농도에 비해 자동차에서 주로 배출되는 일산화탄소(CO)와 질소산화물(NO_x) 등의 농도변화에서 이러한 현상이 두드러지는 것으로 보아 제주시 지역의 대기오염 배출특성을 잘 반영하고 있는 것으로 판단된다.

특히 용수리 지역의 오존(O₃) 농도를 보면 제주시 지역에 비해 오히려 높은 농도를 나타내고 일중 시간적

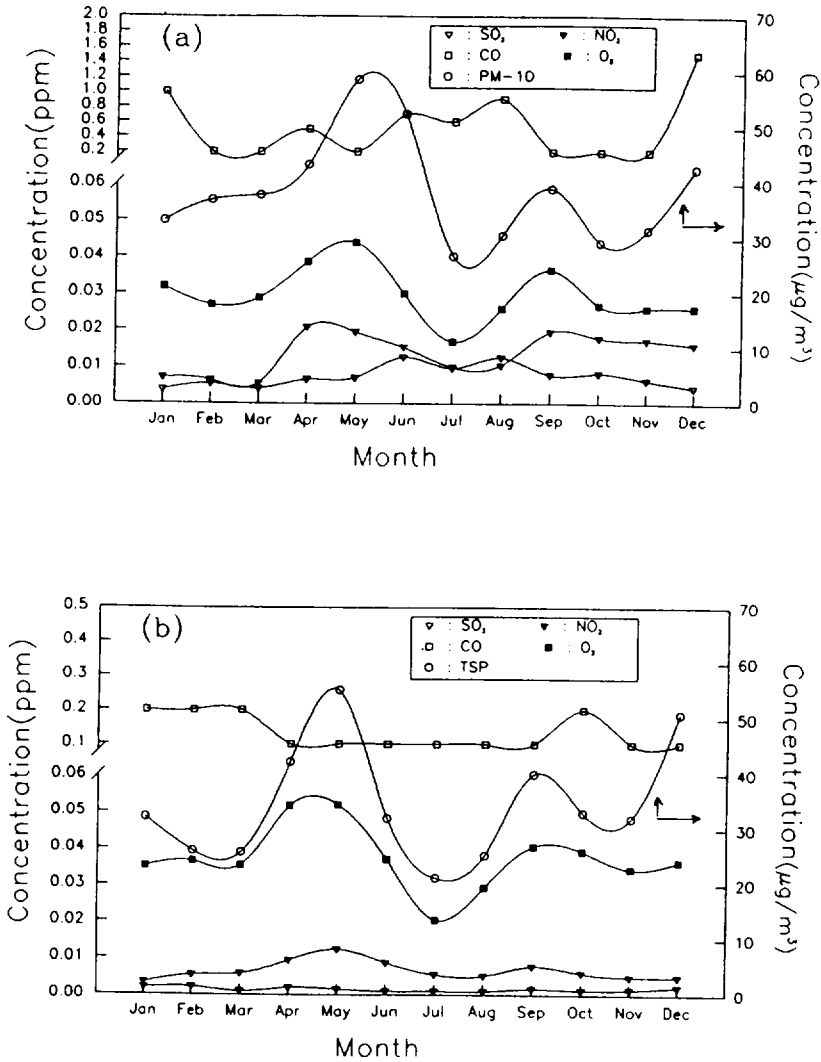


Fig. 2. Monthly variations of air quality((a) : Idodong ; (b) : Yongsuri)

변화가 거의 없으며 질소산화물의 농도변화 경향과 전혀 상관성을 찾을 수 없는 것으로 볼 때 이 지역의 오존은 광화학 스모그현상에 의한 인위적인 기원에 기인한 것이 아니라 거의 대부분 자연적인 발생원에 기인하며, 인위적인 대기오염물질에 의한 오존의 소멸현상(sink)이 거의 일어나

지 않기 때문으로 판단된다. 그러나 광화학 스모그 현상의 원인이 되는 대기오염물질이 상대적으로 많이 배출되는 제주도 지역에서는 광화학반응에 의한 오존의 인위적인 생성과 소멸현상의 영향이 다소 있는 것으로 생각된다.

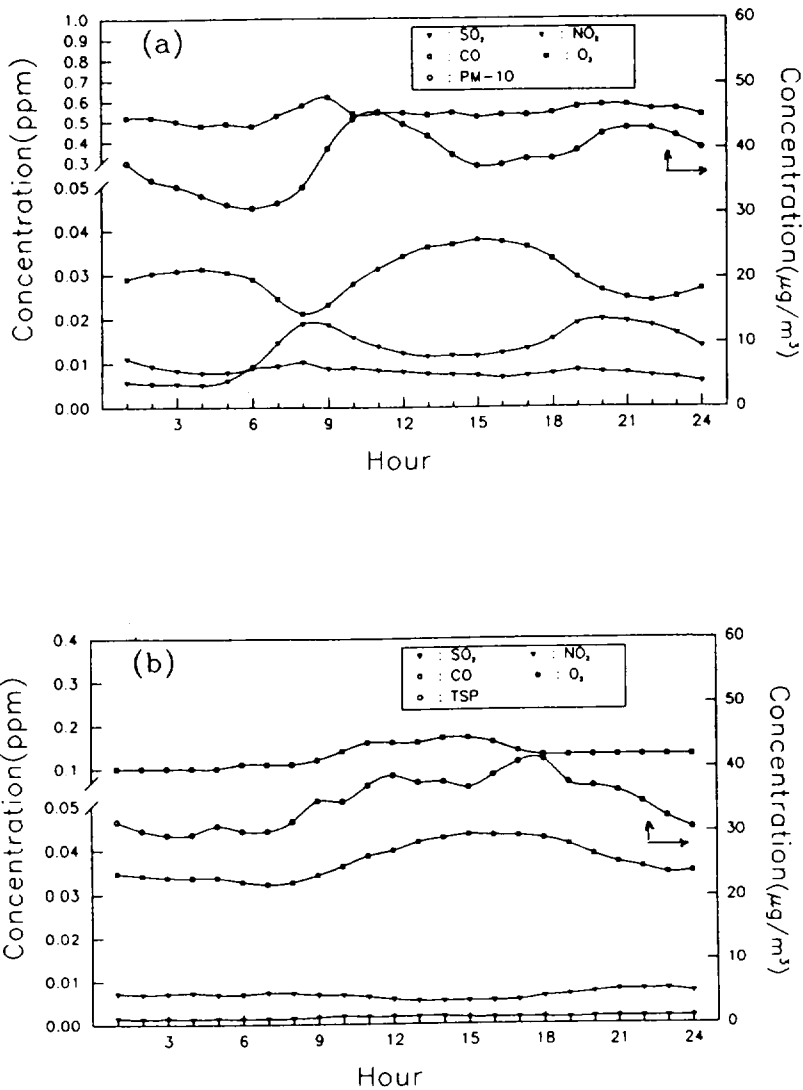


Fig. 3. Hourly variations of air quality((a) : Idodong ; (b) : Yongsuri)

AI(Air Index)에 의한 대기질 평가

환경지수는 구체적으로 통일성있게 개념을 정립해 줄 수 있으며, 의사 전달을 위한 단순한 형태의 평가기준을 제시해 준다. 따라서 환경지수는 일반시민이나 여러 전문가들에게 환

경의 상태를 전달해주는 수단으로 이용될 수 있으며, 쉽게 일반인들이 환경정보를 이해할 수 있게 하고 운영상의 목적과 목표를 설정하기 위한 평가기준을 제시한다. 따라서 환경지수는 단순한 형태의 평가기준을 제시하여 통일성 있는 개념을 정립하게

하여 지역간 및 시간적 변화 추세를 쉽게 파악할 수 있으며, 또한 환경상태의 경향에 대한 예측성이 있으므로 환경대책 수립이 쉽고 총괄적인 대기질을 파악하여 목표설정을 가능케 하는 특징을 가지고 있다¹⁰⁾.

AI에 의한 제주지역의 대기질을 평가하기 위해 1996년 4월부터 1997년 3월까지 측정된 제주지역의 자동측정망 측정자료를 토대로 대기환경지수인 AI를 산출하여 그 결과를 비교·분석하였다.

제주시 이도동 지역과 한경면 용수리 지역의 월별 AI 변화경향을 나타낸 Fig. 4에서 보면 월별 AI의 값은 제주시 이도동 지역이 4.6~10.5(7.0 ± 1.8), 한경면 용수리 지역이 2.4~7.6(4.7 ± 1.4)로 나타나 이도동 지역이 용수리 지역에 비해 약 1.5배 정도 크게 나타남을 알 수가 있는데 이는 두지점간의 지역별 특성을 잘 반영한 결과라고 생각된다.

한편 AI의 월별 변화경향은 월별 부유분진의 현황농도 경향과 매우 비슷하지만 AI 값에 대한 각 성분의 평균 기여율을 나타낸 Table 2에서 보면 오존성분의 기여도가 이도동 지역이 47.3%, 용수리지역이 66.8%로서 가장 크고 그 다음으로 지역에 따라 다소 차이는 있으나 부유분진 >NO₂>CO>SO₂ 순으로 나타났다.

또한 월별 AI의 절대값은 매우 작아 두지역 모두 I등급에 해당되지만 월별 변동폭은 다소 크게 나타나 4~5월경에 최고치를 보이고 7~8월경에 최저치를 보임을 알 수 있다. 이것은 봄철에 매년 발생하는 황사현상¹¹⁾에 의한 각 대기오염물질의 증가와 7, 8월에는 강수일수 및 강수량의 증가에 의한 세정효과에 기인한 것으로 판단된다.

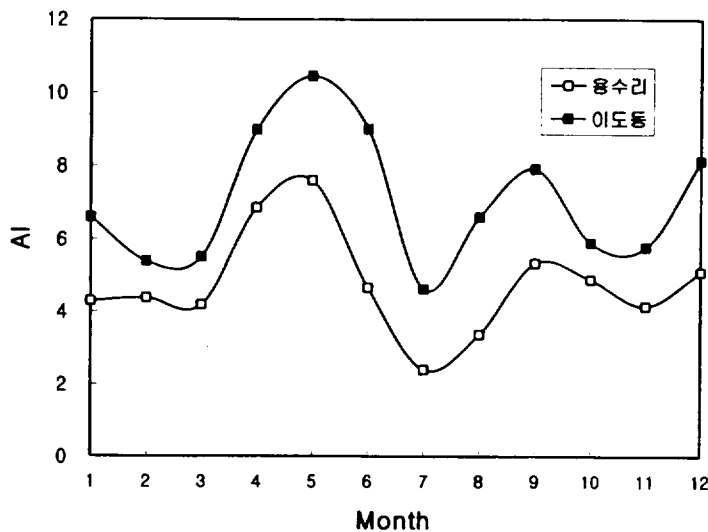


Fig. 4. Monthly variations of AI at Idodong and Yongsuri

Table 2. Average contribution of each components to AI at Idodong and Yongsuri

Area	Average contribution(%)					
	SO ₂	NO ₂	CO	O ₃	TSP	PM-10
Idodong	8.4	14.6	9.4	47.3	-	20.3
Yongsuri	2.0	8.0	2.7	66.8	20.7	-

아울러 대기질 현황농도의 매시간 평균농도를 적용한 일중 시간에 따른 AI 변화특성을 지역별로 구분하여 Fig. 5에 나타냈다.

Fig. 5에서 일중 시간별 AI의 값을 보면 이도동 지역은 5.9~7.9(7.0±0.72), 한경면 용수리 지역이 4.0~5.5(4.7±0.54)범위로 월별 AI의 값보다 변동폭이 훨씬 작은 특성을 보였다. 그리고 시간별 AI 변화경향은 오존농도의 시간별 변화와 비슷한 양상으로 주간 시간대의 AI 값이 야간 시간대의 AI 값보다 다소 크게 나타났

다. 이러한 결과로 볼 때 AI 값에 영향을 미치는 주요 환경인자가 다른 국내지역에서는 다양한 대기오염물질이 기여하는¹²⁾ 반면에 이도동과 용수리 지역은 대기오염물질 중 오존의 기여도가 가장 큰 것으로 추정된다.

이상과 같은 결과로 볼 때 제주지역은 아주 청정한 대기질을 유지하고 있는 것으로 생각되나 AI 값에 대한 기여가 가장 큰 인자는 오존으로 파악됨에 따라 제주지역의 대기질에 대한 체계적인 평가를 위해서는 오존성분의 생성과 소멸현상에 대한 좀 더 자세한 연구가 필요한 것으로 판단된다.

AEI에 의한 대기질 평가

AEI 값을 토대로 제주지역의 대기질을 평가하기 위해 AEI 산정방식으로 구한 대기환경지수값을 Fig. 6에 지역별로 구분하여 나타냈다. Fig. 6에서 보는 바와 같이 이도동 지역의

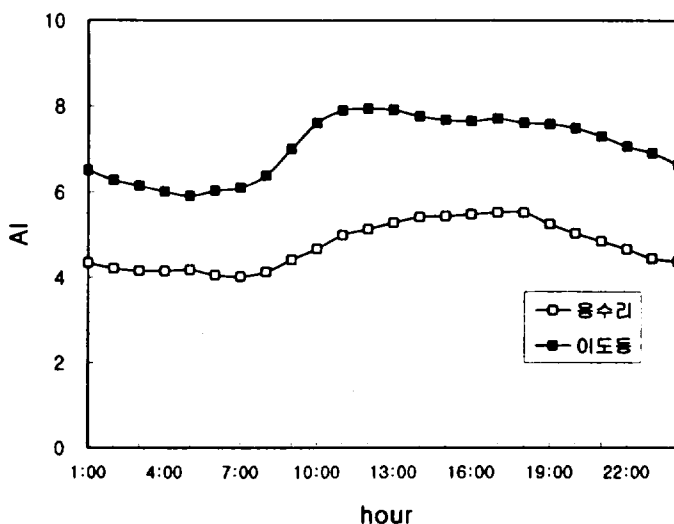


Fig. 5. Hourly variations of AI at Idodong and Yongsuri

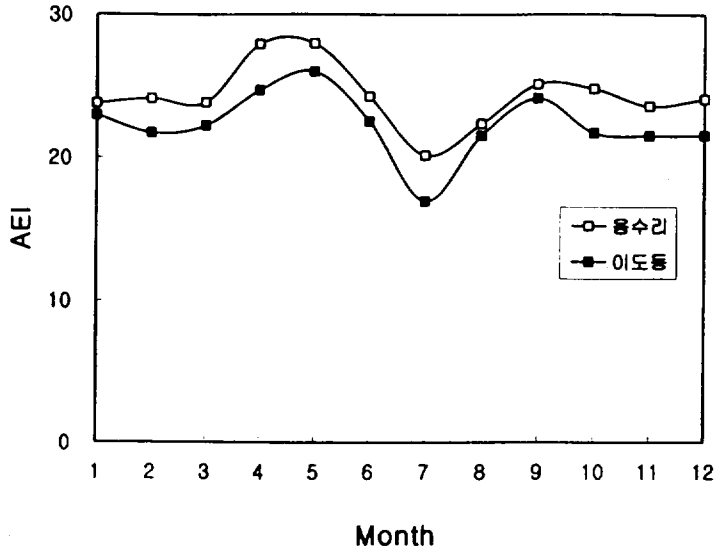


Fig. 6. Monthly variations of AEI at Idodong and Yongsuri

월별 AEI 값은 16.9~26.0(22.5 ± 2.2), 한경면 용수리 지역은 20.1~28.0(24.3 ± 2.1) 범위로 나타나 월별 변동폭이 다소 크지만 두 지역간의 월별 변화 경향은 비슷한 양상을 보였다.

이 때 AEI 값을 결정하는 주요 오염물질은 전월에 걸쳐 오존인 것으로 밝혀졌으며 여기서 산정한 AEI 값으로 이 지역의 대기질을 평가하면 두 지역 모두 대기질은 보통 수준으로 평가되는 II등급 수준으로 파악되었다. 특히 도시지역인 이도동 지역의 월별 AEI 값이 청정 해양지역인 한경면 용수리 지역의 AEI 값보다 높아 상대적으로 용수리 지역의 대기오염도가 더 심한 것으로 평가되었다. 이와 같이 일반적으로 청정한 대기질이 유지되고 있는 것으로 인식되고 있는 제주지역이 전체적으로 II등급으로 평가되고 도심지역의 AEI 값이 해변에 위치한 전원지역의 AEI 값보다 낮

게 평가되는 등 지역적인 특성이 고려되지 않은 획일적인 산정기준에 의한 AEI 값으로 대기질을 평가하는 것은 많은 문제점이 있을 것으로 사료된다.

따라서 AEI 값 산정기준을 정할 때는 지역적인 환경특성과 배경농도 (Background level)가 고려된 부지표 값과 기준농도가 설정되어야 할 것으로 판단된다. 그리고 이도동 지역과 용수리 지역의 월별 AEI 값의 변동폭과 변화경향은 평가방식에 따른 지수 값의 차이는 있으나 AEI 값의 월별 변화 경향과 거의 유사하게 나타났다.

한편 Fig. 7은 일중 시간에 따른 AEI 값과 주요오염물질을 산정한 것으로서, 월별 AEI와 마찬가지로 제주시 이도동과 한경면 용수리 지역 모두 시간대에 관계없이 오존이 주요오염물질로 나타났다. 이 결과는 대도시 지역과는 달리 제주지역의 오존농도는 야간에도 크게 낮아지지 않는 특성을

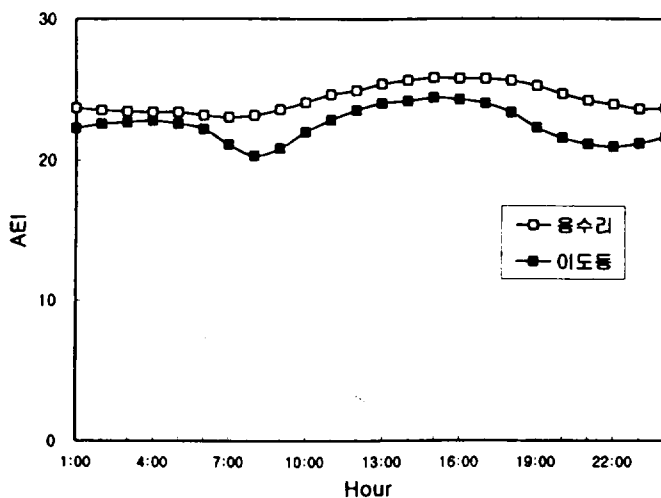


Fig. 7. Hourly variations of AEI at Idodong and Yongsuri

잘 반영한 것으로써 일사량에 직접적인 영향을 받는 광화학스모그에 기인한 오존 생성량이 크지 않고 오존의 배경농도 자체가 높은 것을 간접적으로 보여 준다.

시간별 AEI 값은 이도동 지역이 20.3~24.5(22.5±1.2), 용수리 지역이 23.4~25.9(24.3±1.0) 범위로 변동폭이 아주 작지만 일사량이 많은 오후 시간대에 약간 높은 값을 보였다. 이는 주요오염물질인 오존의 농도가 광화학반응에 의해 다른 시간대에 비해 약간 증가하기 때문으로 생각된다.

이러한 결과로 볼 때 AEI 값에 의한 제주지역 대기질의 상태는 II등급인 '보통'으로 파악되었으나 이는 전적으로 오존농도에 기인한 것으로 밝혀졌으며 더욱이 이러한 오존은 광화학스모그에 기인한 것이 아니라 자연적인 배경농도가 높기 때문인 점을 감안할 때 AEI의 부지표값을 선정하거나 기준농도에 대해서는 많은 검토

와 연구가 필요한 것으로 판단된다.

AI와 AEI의 비교

대기환경지수 산정방법 중 AI는 각 오염물질에 가중치를 두지 않고 선정된 전 오염물질에 대한 오염정도를 모두 고려하여 구하고 AEI는 각 오염물질에 대해 가중치를 두어 각 오염물질의 부지표값 중에서 최대치를 나타내는 부지표값을 AEI로 선정하는 방식이다. 이러한 산정방식의 차이로 인해 동일한 대기질 자료를 가지고 대기환경지수를 산정했을 경우에도 AI와 AEI에 의한 대기질 판정등급이 다르게 나타날 수 있다. 본 연구에서도 AI와 AEI에 의한 대기질 상태가 서로 다르게 평가되었으며 그 이유는 다른 오염물질의 농도는 낮으나 고농도로 존재하는 오존의 배경농도에 기인한 것으로 밝혀짐에 따라 오존(O₃)을 제외한 환경인자를 토대로 AI와 AEI의 값을 산출하여 서로 비교·검토하였다.

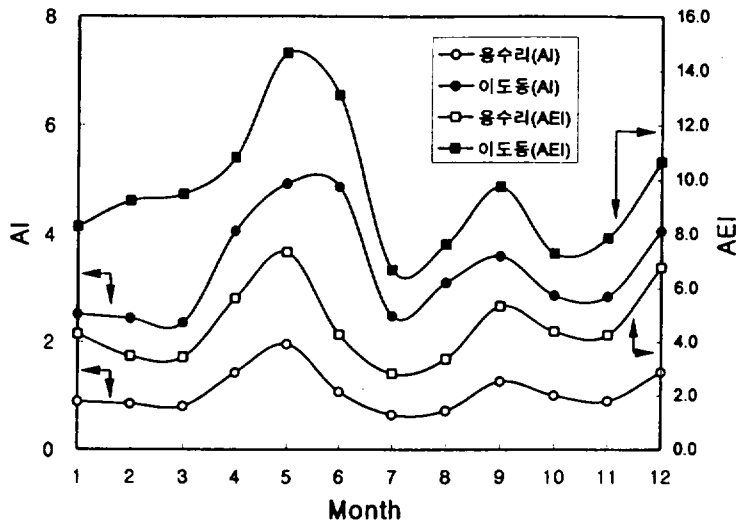


Fig. 8. Monthly variations of AI and AEI at Idodong and Yongsuri except for ozone

제주시 이도동 지역과 한경면 용수리 지역의 월별 AI와 AEI를 산출하여 각 지역별로 Fig. 8에 나타냈다.

Fig. 8에서 보면 AI와 AEI의 변화 경향은 거의 같은 양상을 보이지만 AEI가 AI 값보다 항상 높게 나타났다. 이도동 지역의 월별 AI 값은 2.4~4.9(3.3 ± 0.9), AEI 값은 7.3~14.7(9.6 ± 2.4)로 나타나 약 3배 정도의 차이를 보였고 용수리 지역의 AI 값은 0.6~2.0(1.1 ± 0.4), AEI 값은 2.8~7.3(4.6 ± 1.4)으로 나타나 약 4배 정도의 차이를 보였다. 이와 같이 AI 값보다 AEI 값이 항상 수배 정도 높게 산정되는데, 이는 AI는 선정된 대기오염물질에 대한 총괄적인 고려를 함에 따라 평균적인 고려가 이루어지지만 AEI는 산정된 부지표 값 중 최대값으로만 나타내기 때문이다. 그러나 종합적인 대기질 판정기준은 AI와 AEI가 거의 유사한 범위로 설정되어

있으므로 이에 대한 검토도 아울러 이루어져야 할 것으로 생각된다. 한편 부산의 지역별 대기질을 AEI로 평가하여 주요오염물질 분포를 파악한 결과 상업지역에서는 부유분진과 NO₂의 비율이 높게 나타났고 그의 지역에서는 오존(O₃)이 높게 나타났으나¹²⁾ 제주시 이도동과 한경면 용수리 지역의 AEI 값에 의한 월별 주요오염물질은 전기간에 걸쳐 뚜렷하게 부유분진인 것으로 파악되었다. 부산지역과 유사한 주거·상업지역인 이도동 지역의 대기중 부유분진은 주요오염물질로 나타나지만 자동차와 연료의 연소 과정에서 주로 배출되는 NO₂는 나타나지 않는 것으로 보아 부산의 유사한 지역에 비해 관측지점 주변의 대기오염 배출원이 거의 없을 뿐만 아니라 자동차 배출가스의 영향도 덜 받는 것으로 추정된다.

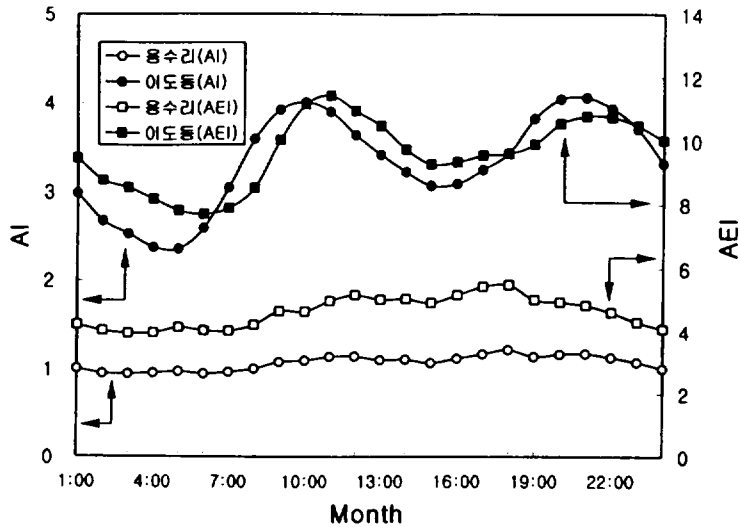


Fig. 9. Hourly variations of AI and AEI at Idodong and Yongsuri except for ozone

그리고 일중 시간에 따른 AI와 AEI의 값을 지역별로 구분하여 나타낸 Fig. 9에서 보면 용수리 지역의 시간에 따른 AI와 AEI의 변화는 거의 나타나지 않지만 이도동 지역의 AI와 AEI의 변화는 다소 크게 나타난 것을 볼 때 인위적인 오염원의 직접적인 영향을 받는 정도에 따른 두 지역간의 지역적인 특성을 잘 반영한 결과라고 생각된다. 또한 일중 시간에 따라 AEI에 의해 파악된 주요오염물질은 월별 AEI의 평가결과와 마찬가지로 전 시간에 걸쳐 부유분진인 것으로 파악되었다.

이와 같이 대기환경지수를 산정할 때 활용되는 환경인자 중 오존을 제외하여 AI와 AEI를 산정한 결과 이도동 지역과 용수리 지역간의 지수값 차이는 약간 있지만 절대값 자체가 아주 낮아 I 등급에 해당하여 제주지역은 대체적으로 아주 양호한 대기질을 유지하고 있는 것으로 평가되었다.

이상과 같은 결과로 볼 때 제주도의 경우 오존을 제외하면 대기환경기준 항목 중 기체상 오염물질의 오염도는 전반적으로 낮아 환경지수 산정법에 의한 대기질 평가시 주요오염물질이 아닌 것으로 파악되었으며 부유분진이 주요오염물질로 평가됨에 따라 제주도의 대기질을 효율적으로 관리하기 위해서는 주요오염물질인 부유분진에 대한 관리대책이 가장 우선적으로 고려되어야 할 것으로 판단된다.

결론

제주지역의 대기질을 평가하기 위해 1996년 4월부터 1997년 3월까지의 대기오염물질 측정자료를 토대로 대기환경지수 산정방식에 의한 대기질 평가를 수행하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 제주시 이도동과 한경면 용수리 지역의 평균 부유분진의 농도는 각각 $38.5\mu\text{g}/\text{m}^3$ (PM-10), $34.6\mu\text{g}$

/m³(TSP), SO₂는 0.007ppm, 0.002ppm, NO₂는 0.014ppm, 0.007ppm, O₃는 0.030ppm, 0.037ppm, CO는 0.5ppm, 0.1ppm 으로 오존을 제외한 다른 대기오염물질의 농도는 이도동 지역이 대체적으로 높았다.

2. 월 평균 AI의 값은 이도동 지역이 7.0±1.8, 용수리 지역이 4.7±1.4로 대기질은 모두 I 등급으로 평가되었으며 4~5월경에 최고치를 보이고 7~8월경에 최저치를 보이고 일중 시간에 따른 AI 값은 주간이 야간에 비해 다소 높았다. AI 값에 대한 기여도는 오존이 47.3 ~ 66.8% 범위로 가장 크며 다음으로 부유분진>NO₂>CO>SO₂의 순으로 나타났다.
3. 월별 AEI의 값은 이도동 지역이 16.9~26.0, 용수리 지역이 20.1~28.0 범위로 대기질은 두지역 모두 II 등급으로 전원지역인 용수리가 도심지역인 이도동보다 대기질이 나쁜 것으로 평가되었으며 주요오염물질은 두지역 모두 오존으로 나타났다. AEI에 의한 대기질 평가시 획일화된 부지표 값과 기준농도를 그대로 적용하면 대기질 평가에 중대한 문제점이 발생할 수 있음이 밝혀졌다.
4. 오존을 제외한 대기오염물질을 토대로 산정된 AI와 AEI를 비교하면 AEI 값이 AI보다 수배 정도 높게 산정되며 이 경우 주요오염물질은 뚜렷하게 부유분진인 것으로 파악되었으며 대기질은 두지역 모두 I 등급으로 평가되었다.

참 고 문 헌

1. Warneck, P. : Chemistry of the natural atmosphere, Academic Press, Inc., 757p, 1988.
2. EPA : Rapid Techniques for Calculating the Pollutants standards index, 1-8, 1978.
3. Inhaber, H. : Environmental Quality ; Outline for a National Index for Canada, Science, Vol. 186, 801-803, 1974.
4. EPA : Guideline for public reporting of daily air quality pollutant standards index, 450/2-76-103, 1976.
5. 정병일, 김유근, 이화운 : 부산지역의 SO₂ 농도변화 특성에 관한 고찰, 한국대기보전학회지, 제 10권 4호, 245-251, 1994.
6. 신찬기, 한진석, 김윤신 : 대기오염 농도와 기상인자의 관련성 연구, 한국대기보전학회지, 제 8권 4호, 213-220, 1992.
7. Angle, R. P. and H. S. Sandhu : Urban and rural ozone concentrations in Alberta, Canada. Atmospheric Environment, No. 23, 215~221, 1989.
8. Sunwoo, Y. , G. R. Carmichael and H. Ueda : Characteristics of background surface ozone in Japan, Atmospheric Environment, No. 28, 25~37, 1994.
9. Wakamatsu, S., I. Uno, H. Ueda and K. Uehara : Observational study of stratospheric ozone intrusions into lower troposphere,

Atmospheric Environment, No. 23, 1815-1826, 1989.

10. 양병이 : 환경지표를 활용한 도시 환경 실태 분석에 관한 연구, 환경논총, Vol. 8, 54-65, 1981.
11. 정용승, 윤마병 : 황사의 사례분석과 한반도 유입량, 한국대기보전학회지, 제10권, 4호, 233-244, 1994.
12. 이도철 : 대기질지수 산정방식에 의한 대기질 평가, 경성대학교 산업대학원 석사학위논문, 41-46, 1995.
13. Eder, B. K., J. M. Davis and P. Bloomfield : A Characterization of the spatiotemporal variability of non-urban ozone concentrations over the eastern united states, Atmospheric Environment, No. 27, 2645~2668, 1993.