

<논 문>

소음오염도의 지도표현 표준화 모델

A Study on the Standardization Model of Noise Map

조 기 호 *

JO, Gi-HO

(1999년 11월 20일 접수 ; 2000년 5월 20일 심사완료)

Key Words : Noise Map(소음지도), Standardization(표준화)

ABSTRACT

This paper proposes a model of standardized noise map in Korea. The standardization of noise map is accomplished by standardizing the way of map description and by applying international noise mapping criteria to Korean environment. The proposed model can be an useful start for the production of national standardized noise map in Korea.

1. 서 론

오염도의 파악은 환경문제 해결을 위한 중요한 기본과제 중의 하나이다. 특히 오염도가 공간정보로 파악되어야 하는 경우에는 오염도의 분포나 확산에 관한 정보가 정확히 파악되어야만 적절한 대책을 수립할 수가 있다. 이러한 필요에서 작성되기 시작한 것이 바로 소음지도와 같은 환경오염지도이다. 환경오염지도는 사회가 발달하고 공개행정이 실행될수록 오염정보파악 및 대책수립에 필요할 뿐만 아니라 일반 국민에게 밝혀야 할 기본 환경정보의 매개체로도 이용된다. 따라서 환경담당업무나 공간계획업무 이외에 민원업무에서도 그 수요가 증가되는데, 이는 환경오염지도의 제작 필요성이 한국에도 점차 증가되리라는 것을 의미한다. 주제도인 환경오염지도를 포함한 모든 지도는 수집된 자료의 추상화와 일반화 과정을 거쳐 약속된 기호로 표현되기 때문에 국가공용어나 문자의 기능에서와 동일하게 공공의 이해와 이용을 가능하게 하는 일정한 규칙, 즉 한 사회의 공공약속을 전제로 제작되어야 한다. 만약에 이러한 약속이 없거나 지켜지지 않을 경우에는 공공의 이해와 이용에 혼란을 초래하게 되는데, 이는 환경오염지도의 경우에

도 동일하게 적용된다. 따라서 환경오염지도의 제작에 선행하여 오염도 지도표현의 표준화 작업이 이루어져야 한다. 환경 오염도 지도표현의 표준화는 공공의 약속이행뿐만 아니라, 표현의 정확도와 주제도 작성의 왜곡 및 오염정보전달의 오용을 방지하고, 제작되는 오염지도들이 상호 비교 가능하도록 하기 위해서도 지도제작에 앞서 이루어져야 한다. 따라서 환경 오염도 지도표현의 표준화작업은 환경관련 사회분야 및 학문분야에서 적용할 수 있는 기준을 제시 해주어야 하는 기초 선행 과제이다.

그리고 환경 오염도 지도표현의 표준화작업은 국제기준을 준수하면서도 국가별로 자국의 환경에 적합하게 이루어져야 할 과제이다. 소음오염도 지도표현의 경우 선진국에서는 이미 70년대부터 표준화 작업이 진행되어 다년간의 사례분석과 경험을 바탕으로 자국의 환경에 적합한 국가표준이 제정되고 있으며,⁽¹⁾ 이를 근거로 오염정보파악 및 오염도 지도화 작업에 필요한 전산화 기술이 개발되고 있는데,⁽²⁻⁵⁾ 한국에는 아직까지 표준화 작업도 진행되지 않고 있다.

따라서 본 논문의 목적은 환경 오염도 지도표현의 공공성과 정확도를 높이고 오염도표현의 왜곡을 예방하며, 환경 오염도 지도표현의 국가표준 제정에 필요한 기본자료를 제공하기 위하여, 오염도의 지도표현 표준모델을 작성하고, 이를 사례적용을 통하여 검증하는데 있다. 연구범위

* 정희원, 국립공주대학교 지리학과

는 오염원 중에서, 가장 많이 접하고 민원과 분쟁도 가장 많은^(6,7) 오염원인 소음의 공간오염정보 지도표현으로 제한하였다. 연구내용과 방법 및 순서는 다음과 같다. 먼저 소음오염도의 지도표현을 위하여 표준화되어야 할 내용들을 분석한다. 다음으로 표준화되어야 할 개개의 내용과 표현기법에 대한 표준화방안을 찾아, 한국 상황에 적합한 하나의 표준모델을 작성한다. 그 다음으로 표준모델을 사례지역에 적용하여 그 효율성과 문제점을 분석하고 해결방안을 제시한다. 표준모델의 사례지역 적용시 소음의 공간오염정보 전산 DB구축과 전산지도화 작업은 자체 개발한 전산프로그램과 지리정보시스템 프로그램들을 사용하여 실시하였다.

2. 소음오염도 지도표현의 표준화 내용

소음지도에 표현되는 내용은 제작목적과 소음지도의 종류에 따라 일부 상이할 수도 있으나, 공통적으로 포함되어야 하는 내용이 있다. 이 내용을 본문에서는 다음과 같이 정리하였다: (1) 지도명, (2) 파악한 소음원의 종류, (3) 파악한 소음의 노출시간대, (4) 수음점 또는 수음선의 위치, (5) 오염도의 계급구분, (6) 계급구간별 표현 색채 또는 무늬의 종류와 배열순서, (7) 계산법 적용의 경우 계산근거자료와 계산방법 또는 사용한 프로그램의 명칭, (8) 측정법 적용의 경우 측정방법, (9) 파악한 소음값의 종류와 단위, (10) 오염도 파악 또는 예측기준 일시, (11) 축척, (12) 방위, (13) 작성책임자, (14) 지도작성 일자, (15) 법적 책임, (16) 기본도에 표현된 기호 중에서 설명이 필요한 사항. 그리고 지도의 제작목적과 용도가 분명하거나 제한된 경우에는 이를 표현해주어야 하고, 기본도의 범례내용은 최대한 동일하게 수용해주는 것이 바람직하다. 이러한 내용들은 오염정보의 독도가 정확하고 용이하도록 그리고 예술성을 살려 표현될 수 있도록 표준화되어야 한다. 이 중에서 수음점 또는 수음선의 결정, 소음값의 결정, 오염시간대의 구분, 오염도의 계급구간 설정, 계급구간별 표현방법에 관한 내용은 소음지도의 국가표준 제정시 반드시 사전에 조정되어야 한다.

2.1 수음점의 결정

지도에 표현되는 소음값은 소음원으로부터 일정한 거리와 높이에서 파악되는 도달소음값이기 때문에, 소음오염도의 파악에 앞서 도달소음값의 파악위치, 즉 수음점이 결정되어야 한다. 이 수음점이 어떻게 결정되느냐에 따라서 오염도의 정확도뿐만 아니라 오염도의 높낮이가 결정되기 때문에, 수음점 결정에 관한 국가표준이 지정되지 않은 상황에서는, 수음점의 결정을 통하여 인위적으로 오염도를 낮게 표현하는, 오염정보전달의 왜곡과 지도제작의 오용이

발생될 수도 있다. 수음점의 위치결정은 소음지도의 종류에 따라 상이하어, 등음선도와 면적소음지도의 경우에는 높이만을 결정하면 되지만, 선소음지도와 점소음지도에서는 소음원으로부터의 수평거리도 함께 결정되어야 한다.

수음점은 수음자의 위치를 고려하여 결정되는 것이 원칙이다. 따라서 그 높이는 수음자가 보행자일 경우 국민평균신장을 고려한 청각기관의 높이를, 수음자가 실내공간에 위치할 경우에는 건물 안으로의 소음전파환경을 고려하여 창문의 중앙을 기준으로 결정되는 것이 바람직하다.⁽¹³⁾ 한국의 소음공정시험방법에서는 일률적으로 1.2~1.5m를 측정높이로 규정하고 있으나, 소음종류별로 그리고 오염도 파악 목적별로 측정법과 예측법 및 계산법 적용을 구분하여 다양한 수음점 결정 사례들을 분석하고, 이들을 보다 구체적으로 규정할 필요가 있다.⁽¹⁴⁾ 도로교통소음의 경우 계산법 적용시에는 소음원의 위치를 도로중앙선 지상 0.5m로 보기 때문에, 이를 수음점의 고도기저로 계산한다.⁽¹³⁾ 그리고 점소음지도에서는 수음점에 관한 오염정보가 상세히 표현되기 때문에 소음원으로부터 동일한 거리의 평면좌표에 위치한 수음점이라도 건축물의 층별 높이에 따라 여러 개의 수음점이 선정될 수 있다. 그리고 수음점의 높이결정에서는 고도에 따른 소음감소비율과 전파환경에 따른 지면 및 건축물의 반사와 흡수율도 고려되어야 한다.^(13, 15)

수음점의 수평위치는 소음원으로부터 수음자까지의 거리, 보행로 위치, 건축물입지선, 용도지구경계선, 거주이용공간 등을 고려하여 지도제작 목적, 계획공간구조, 계획단계, 지도 축척에 맞게 결정되어야 한다. 선소음원의 경우에는 수음점의 집합인 수음선을 도면 전체를 통일하여 선소음원으로부터 일정한 거리로 고정시킬 수도 있고, 선소음원이 분리되는 구간별로 각기 다른 수음선을 결정할 수도 있다. 그리고 수음자를 보행자로 보느냐 또는 거주자로 보느냐에 따라서 보행로의 위치 또는 거주이용공간의 입지를 고려하여 수음점이 결정된다. 이때 도로교통소음의 경우 차도는 일반적으로 소음원으로 보는 반면, 인도는 보행자에게 소음피해가 유발되는 수음지역으로 본다. 그리고 도로의 종류에 따라 구간별 소음원 폭이 다양하다는 것도 고려되어야 한다. 따라서 도로의 중앙에서 일정한 거리로 수음선이 고정되는 것보다, 도로종류별 그리고 도로구간별로 차도변에서의 일정한 거리나 인도의 폭을 기준으로 결정되는 것이 더 바람직하다. 그리고 차도 4차선 이상의 도로에서는 소음원을 2차선 이하로 구분하고, 소음값도 구분된 소음원에서의 수평거리로 각각 계산한 후 소음값 합산모델을⁽¹³⁾ 적용하여 산출되는 것이 바람직하다.

피해자를 거주자로 보는 경우에는 도로구간별 평균 건축물 입지선 또는 도로 최근점 피해건축물의 입지선을 기준으로 도로구간별로 가변적인 수음선이 결정될 수 있

다.^(13, 15) 그런데 이렇게 도로구간별로 가변적인 수음선을 채택하는 경우에는, 소음원의 기본 오염도 표현에 유의하여야 하며, 소음원에서 수음선까지 연속적인 오염도 분포의 표현에도 유의하여야 한다(4.2. 참조). 축척을 기준으로 보면 1:25,000 이하의 소축척 소음지도를 제작할 경우에는, 계획공간의 건축물입지와 구조에 관계없이 표현공간 전체에 적용될 수음선을 통일하여 정할 수 있으나,^(2~4) 1:5,000 이상의 대축척을 적용할 경우에는 소음원 주변 건축물의 입지와 구조를 고려하여 가변적으로 수음선을 정하는 것이 바람직하다.

그리고 거주자를 수음자로 보고 수음점의 수평거리를 결정할 때에는 피해생활환경을 실내로 국한시킬 것인가 마당, 운동장, 정원과 같은 실외 생활공간도 포함시킬 것인가 하는 문제도 고려되어야 한다. 여기서 피해 생활공간에 실외 생활공간도 포함시킬 경우에는 수음점과 수음선이 건축물의 입지선이 아닌 마당, 운동장, 정원의 경계선이나 담장을 기준으로 결정되어야 한다. 그리고 측정법 적용의 경우에는 건축물의 구조와 재료에 따른 반사 및 흡수율을 고려하여 수음점이 결정되어야 한다.^(13, 15) 이상의 수음점 결정에 관한 내용은 국가표준 제정시에 일괄적으로 규정하는 것보다, 소음의 종류와 소음지도의 종류 및 작성목적에 따라 선택될 수 있도록 사례별 선택안을 제시하는 것이 바람직하다. 수음점의 위치가 결정되면 수음점에서의 소음값을 확인하여야 한다.

2.2 소음값의 결정

소음오염도를 확인하는 방법으로는 측정법과 계산법이 있는데, 양자 모두 각각 장단점을 지니고 있기 때문에 오염정보획득 목적에 따라 장단점을 비교하여 선택하고, 선택된 방법과 이유를 지도의 범례나 부록에 명시하여야 한다. 일반적으로 수음점이 적은 점소음지도 제작의 경우를 제외하고는 지도화를 위한 소음정보파악에 계산법이 적용되는데, 그 이유는 다음과 같은 측정법의 단점 때문이다.⁽¹³⁾ (1) 환경영향평가를 위한 오염도의 예측이 불가능하다. (2) 넓은 지역의 오염도 파악시 동일한 시간에 조밀한 수음점망에서 오염도를 구할 수 없다. (3) 장시간의 평균값을 구하기 어렵다. (4) 혼합된 도달소음의 소음원별 소음도 구분과 평가 및 책임소재규명이 불가능하다. (5) 평가소음도를 파악할 수 없다. (6) 측정당시의 일시적인 소음환경에 종속된다. (7) 수음점의 밀도가 높을수록 비경제적이다. 따라서 각국은 적합한 계산법 및 예측법을 개발하여 국가표준으로 확정하여야 한다. 한국에는 현재 국립환경연구원에서 제시한 계산식들이 존재하나, 아직도 보완해야할 문제점이 많이 존재하고 있고,^(13~15) 이에 관한 연구가 해당 분야에서 계속 진행 중에 있다.^(11~17)

소음원 종류별로 차이가 있으나, 계산법에는 등가소음을 기준으로 Leq dB(A)를 단위로 한 시간대별 평균소음값 산출모델이 적용되고 있다. 그러나 평균소음값 산출모델로는 음압 폭의 변화정도, 주파수 변화정도, 노출 시간길이의 변화, 음질, 음색, 소음의 종류 등에 따른 소음 인식차이를 반영하지 못한다.^(9~13) 따라서 소음값은 소음인식에 보다 더 부합되는 평가소음값으로 파악되는 것이 바람직하다. 한국에서도 법집행의 공정성과 올바른 환경영향평가를 위하여 빠른 시일 안에, 평가소음값의 산출방법과 인간의 소음인식에 근접한 Sone와 같은 새로운 소음척도의 도입에 관한 연구가 진행되어,⁽¹⁸⁾ 소음특성과 실제 소음피해를 반영할 수 있는 평가소음값 산출모델과 소음척도를 확고하게 하고자 한다.^(19~21) 그리고 소음지도에 표현되는 오염정보는 원칙적으로 상존하지 않는 소음원에서 일시적으로 발생하는 공사장소음, 행사장소음, 생활소음, 건설소음 등은 배제하고 지속적이고 규칙적으로 발생하는 소음을 그 표현대상소음원으로 한다. 그러나 일시적으로 발생하는 소음도 그 파악의 필요성에 따라서는 지도화할 수 있다.

2.3 오염시간대의 구분

소음의 인식과 피해는 인간의 행위와 생활환경 및 인식환경에 따라 상이하게 평가되기 때문에,^(9, 10) 소음의 오염도파악과 평가시에는 소음노출시간대가 구분된다. 소음노출시간대의 구분은 소음종류별로 차이가 있으나 일반적으로는 수면시간을 고려하여 낮과 밤으로 구분하고, 통상 낮은 06:00~22:00시로 밤은 22:00~06:00시로 규정되고 있다.^(13, 14) 한국에서도 해당 법규에 낮과 밤의 시간대가 이와 동일하게 규정되어 있다. 그런데 한국은 공무원의 출근시간과 학생들의 등교시간이 서양문화권 보다 늦은 편이다. 그리고 본 연구지역 최근접 도로교통량 상시 자동측정지점의 97년 1년간 교통량을 24시간 각 시간대별로 분석한 결과도 06:00~07:00시 사이의 교통량은 뚜렷하게 07:00~08:00시 사이의 교통량보다는 05:00~06:00시 사이의 교통량에 더 상응하고, 22:00~23:00시 사이의 교통량은 23:00~24:00시 사이의 교통량보다 21:00~22:00시 사이의 교통량에 확연히 상응하는 것을 확인하였다. 따라서 앞으로 한국인의 평균 수면시간대와 밤과 낮의 활동시간대를 구분하는 연구가 좀더 진행되어 낮 시간대를 07:00~23:00시로 밤 시간대를 23:00~07:00시로 변경하는 것을 검토할 필요가 있다. 건설소음과 생활소음의 경우에는 낮과 밤 이외에도 조식대가 추가로 구분되어, 해당 법규에 낮은 08:00~18:00시로 조식은 05:00~08:00시 및 18:00~22:00시로, 심야는 22:00~05:00시로 규정되어 있다. 그러나 조식과 심야의 구분도 한국인의 생활패턴에 적합하게 재조정될 필요가 있다.

오염도 파악시간대가 정해지면 각 시간대별 평균값을 오

염값으로 정하는 방법이 결정되어야 한다. 이때 일반적으로는 동일 시간대별 연간 평균값으로 파악되는 것이 바람직하기 때문에 측정법보다 계산법이 적용된다. 도로교통소음의 경우에는 오염도계산 기본자료인 교통량을 장기간 조사하기 어려운 경우, 일주간의 교통량분포도를 고려하여 화, 수, 목요일 중에서 교통량이 많은 시간대에 교통량조사를 실시하여 연간 시간대별 평균값으로 환산한다. 따라서 교통량을 조사해야 할 도로구간이 많은 도시지역의 경우에는, 무수히 많은 각 구간별로 모두 장기간 자동교통량조사를 실시할 수 없기 때문에, 한 시간 정도의 단기간 조사를 실시하여 장기간 평균값으로 환산할 수 있는 환산지수가 필요하다. 그러나 한국에는 아직까지 소음값 계산시 적용할 수 있는 환산지수가 없다. 측정법을 적용하는 경우에는 소음진동공정시험방법에 따라 소음종류별 시간대별로 일정한 측정간격과 횟수가 정해지며, 매해 5분 이상 측정된 값으로 파악하도록 규정되어 있으나, 개선되어야 할 문제점들이 내포되어 있다.⁽¹⁴⁾

2.4 오염도의 계급구간 설정

수음점에서 시간대별로 파악한 오염도를 지도에 표현하기 위해서는 오염도의 계급구간을 구분하여야 한다. 소음오염도의 계급구간 결정시 유의할 사항은 첫째는 파악한 오염도를 간단 명료하게 표현하는 것이고, 둘째는 필요한 정보를 정확하게 판독할 수 있도록 하는 것이고, 셋째는 오염도가 낮게 표현되거나 피해지역의 확인이 어렵도록 계급구간을 임의적으로 설정하는, 주제도 제작의 왜곡 및 오용을 방지하는 것이다. 여기서 지도표현을 명료하게 하기 위해서는 계급구간이 적을수록 바람직하고, 상세한 정보를 정확하게 파악할 수 있도록 하기 위해서는 계급구간이 세분되는 것이 바람직하다. 따라서 이 양 측면을 소음지도의 제작목적과 판독자의 효율적인 오염도평가를 감안하여 조화시키면서, 소음정보의 특성도 고려하여 계급구간이 설정되어야 한다.

비율척도인 소음오염도의 계급구간 설정을 위해서는 먼저, 파악되는 오염도의 수치적 분포와 범위를 확인해야 하는데, 이는 표현할 오염도의 최소값과 최대값의 확인으로 시작된다. 여기서 계급구간을 국가표준으로 결정하기 위해서는 국내 여러 지역에서 파악될 수 있는 예상 가능한 최소값과 최대값의 간격을 고려하여 오염도 표현범위를 결정하여야 한다. 다음으로 계급구간을 간소화하기 위해서는 결정한 표현범위를 상회하는 오염도와 그 미만의 오염도를 고려대상에서 제외시키거나, 표현범위의 최고구간과 최저구간에 포함시켜 구분할 수 있다. 여기서 유의할 점은 표현범위 하한값 미만의 오염구간은 소음원에서 멀수록 그 표현공간이 넓어지고 표현되는 색이나 무늬의 농도가 낮아

지나, 상한값 이상의 구간은 소음원에 근접하여 표현공간이 소규모로 존재하고 표현되는 색이나 무늬의 농도가 짙어진다는 것이다. 그리고 하한값 미만의 오염도는 일반적으로 피해문제가 대두되지 않는 구간이나, 상한값 이상의 오염도는 피해와 보상의 문제가 대두되는 구간이다.

표현범위내의 오염도 계급구분은 등간격 구분의 원칙을 수용하고, 인간의 음압차이 인식을 고려하여 결정되는 것이 바람직하다. 인간은 3 dB이하의 차이는 인식하지 못하는 것으로 알려졌기 때문에,^(9, 10) 3dB 이상이며 소리크기를 두배로 인식하는 값인 10dB의 절반값인 5dB의 간격이 일반적으로 등간격 구분의 기준으로 적용되고 있다.^(1~8) 그러나 지도화 대상지역의 환경오염정보는 계급구간별 뒀수분포로 통계처리되지 않고, 해당지역 계급구간별 오염면적의 차이로 가공되어 표현된다. 따라서 계급구간 결정에서는 오염지역의 피해정도를 평가할 수 있고, 도시계획의 기본자료로 이용될 수 있도록, 해당 국가의 법규상 규제값이 고려되는 것이 중요하다. 만약에 등간격 구분의 원칙만을 수용하고 해당 국가의 법규값이 고려되지 않을 경우에는, 해당 국가의 법규값을 기준으로 오염도를 평가할 수 없도록 지도화할 수 있는 가능성이 부여된다.

국가표준 제정시 해당 국가의 관련법규를 고려할 때에는 법규값인 기준값, 규제값, 한도값 등의 법 적용의미와 법적 효력범위에 유의하여야 하며, 가능한 한 모든 법적 유효값이 반영되도록 노력하여야 한다. 그러나 계급구간이 너무 세분되어 표현의 명료성이 하락될 경우에는, 소음지도 제작목적에 따라 법 적용 대상과 효력의 경중을 구분하여 차별적으로 반영할 수도 있다. 한국에서는 소음의 법적 기준을 환경정책기본법과 소음·진동규제법에서 찾을 수 있는데, 여기서 법규값은 소음종류별로 용도지구와 시간대가 구분되어 제시되어 있다. 먼저 도로교통소음의 기준을 살펴보면, 환경정책기본법 시행령 제 2조 별표 1에서 일반지역과 도로변지역을 구별하여 각각 4 종류의 지역들에 해당하는 기준값이 밤 최저 40 dB(A)부터 낮 최고 75 dB(A)까지 5 dB(A) 간격으로 규정되어 있다. 그러나 이 기준은 도로변 지역과 일반지역 거주자의 소음피해기준을 차등 적용하고, 세부지역의 정의와 규정이 수음자 위주로 적용되지 않는 등의 개선되어야 할 문제점들이 존재한다.⁽¹⁴⁾ 그리고 이 기준은 법적으로 예방을 위한 기준의 의미만을 지닌다. 법적으로 한계 척도의 근거가 되는 한도값은 소음·진동규제법 시행규칙 제 37조에 용도지역별로 구분되어 주간은 68 dB(A)와 73 dB(A)로 야간은 58 dB(A)와 63 dB(A)로 규정되어 있다.

철도소음의 한도값은 소음·진동규제법 시행규칙 제 37조 별표 10에 언급되어 있는데, 기존 철도변의 법 적용 문제점과 국가의 재정부담문제 때문에 2000년도부터 시행되

는 것으로 규정되고, 2010년부터는 강화된 한도값이 적용되는 것으로 연차별 차등을 두어, 미리 대비하도록 규정되어 있다. 철도소음 한도값은 도로교통소음 환경기준값과 60 dB(A)에서 75 dB(A)까지 등간격으로 일치한다. 건설소음의 규제기준은 소음·진동규제법 시행규칙에 명시되어 있었으나, 관련 법 조항이 법은 1997년 3월 7일에, 규칙은 1997년 10월 22일에 각각 삭제되어 현재는 유효규정이 없으나, 삭제된 건설소음의 규제기준도 도로교통소음 환경기준값과 5 dB(A)의 등간격으로 일치한다. 생활소음규제기준은 소음·진동규제법 시행규칙 제 29조의 2조 별표 7의 2에 언급되어 있다. 여기서 규제기준은 공장소음, 사업장소음, 확성기소음으로 소음원을 구분하고 시간대를 조석, 심야, 주간으로 구분하여 45 dB(A)이상에서 80 dB(A)이하까지 5 dB(A)의 간격으로 구분되어 있다.

그리고 계급구간 구분시에는 범규이외에 오염도별 소음피해에 관한 의학정보도 고려되는 것이 바람직한데, 소음은 오염도가 낮을수록 그 사회적, 신체적 피해 정도와 피해 기준을 명확하게 제시하기가 어렵다. 이는 소음인식의 개인차와 수음환경의 영향에 따른 가변적 요인 때문에 객관적인 결론을 내기가 어렵기 때문인데,⁽⁹⁾ 실외소음의 경우에는 더욱 그러하다. 따라서 이에 관한 연구가 한국의 인문·사회환경에 적합하게 진행되어야 한다.

2.5 계급구간별 표현방법

소음오염도의 계급구간이 결정되면 구간별 오염정보 표현방법이 결정되어야 한다. 계급구간 표현법은 일반적으로 색채를 적용하는 방법과 무늬를 적용하는 방법이 이용된다. 여기서 색채의 적용이 무늬의 적용보다 오염정보 판독효과를 높이고, 오염정보 표현으로 인한 기본도의 배경정보 훼손도 적으나, 인쇄비용이 많이 소요되는 것이 단점이다. 계급구간의 표현 색채나 무늬는 계급간의 질서와 계층감 및 연속성을 살리고, 독도를 용이하게 하며, 범례의 의존도를 낮출 수 있도록 선정되어야 한다. 그리고 색채의 지정과 무늬의 밀도가 어떻게 결정되느냐에 따라서 동일한 오염도가 강한 오염구간으로 인식되게 표현될 수도 있고 약한 오염도로 인식될 수 있도록 표현될 수도 있다는 것에 유의하여야 한다. 예를 들어 국가표준이 결정되지 않은 상황에서, 임의적으로 녹색계통으로 표현되는 계급구간 수를 늘리거나, 저밀도의 무늬를 넓은 계급구간에 걸쳐 적용하여, 오염도를 낮게 인식시키는 효과를 이용하는 사례가 나타날 수 있다.

색채와 무늬의 선택에서는, 표현공간 전체의 오염도 분포 파악과 공간변이의 표현을 강조하여 연속적인 척도를 선호할 수 있다. 이 경우에 색채는 스펙트럼 상에서 연이은 하나 또는 2개의 계통색으로 제한하여 이를 세분하고,

무늬도 2종류 이하의 패턴으로 통일하여 밀도로 계급구분을 할 수 있다. 그러나 정확한 오염도평가를 위해서는 계급구간별 구분이 명확해야하기 때문에, 구간별 변별력을 높일 수 있도록 색채와 무늬패턴의 수를 2종류 이상으로 선택하는 것이 바람직하다. 따라서 이 양 측면을 소음지도의 제작목적과 효율적인 오염도평가를 고려하여 조화시키도록 노력하여야 한다.

3. 소음지도의 표준 모델 제안

3.1 수음점 지정의 표준

소음지도 중에서 수음점의 지정이 가장 복잡한 것은 선소음지도이다. 왜냐하면 선소음원은 수평과 수직의 위치가 각각 결정되어야 하고, 소음원의 구간별로 수음점의 선집합인 수음선이 각기 다르게 선정될 수 있기 때문이다. 따라서 본 논문에서는 선소음지도의 수음선지정을 수음점지정의 대표적인 표준으로 제안한다. 그리고 선소음원의 종류 중에서 주민 소음피해 공간범위가 가장 넓은 도로교통소음원의 수음선지정을 대표사례로 제안한다. 선소음지도에서의 수음선 수평위치는 도로교통소음의 경우 다음 네 가지 방법으로 지정될 수 있다: 첫째, 도면 전체를 통일하여 차도에서부터의 일정한 거리로 고정한다. 둘째, 도로구간별로 차도면에서 피해건축물까지의 평균거리를 산출하여 적용한다. 셋째, 도로변 최근접 피해건축물의 위치를 고려하여 도로구간별로 각기 다른 수음선을 결정한다. 넷째, 차도에서 일정한 거리로 1차 수음선을 결정하고, 구간별로 최근접 피해건축물을 기준으로 2차 수음선을 선정한다. 첫 번째 방법은 작업이 용이하고 현존 전산기술을 이용할 수 있으나, 개별 구간의 오염도 특성이 고려되지 않아 오염도 평가에 효율적이지 못하다. 두 번째 방법은 첫 번째 방법과 유사하나, 1:5,000 이상의 대축척을 이용할 경우, 평균 수음선 안에 위치한 전과장에 건축물들을 통과하는 소음전파특성의 파악기술이 아직 초보적인 단계에 머물러, 표현정보의 정확성이 낮고 오차범위가 크다. 또한 피해 건축물이 산재되어 평균 수음선이 소음원에서 원거리에 위치한 경우에는, 오염도가 낮게 표현되어 오염도 평가에 효율적이지 못하다. 세 번째 방법은 개별 구간의 특성이 고려되고, 점소음지도의 정밀성도 부분적으로 살릴 수 있으며, 소음대책수립을 위한 오염도 평가에도 효율적이다. 왜냐하면 소음 전과경로상에서의 방음시설 설치기준은 도로에 최근접한 최대 피해 수음점의 오염도가 범규값 이하로 감소되도록 규정되어야 하기 때문이다. 그러나 자동 전산지도화 기술의 개발이 전세계적으로 아직 미진하여^(2~4) 작업량이 많고, 도로변 최근접 피해건축물이 소음원에서 원거리에 위치한 도로구간의 오염도가 낮게 표현된다. 네 번째 방법

은 첫 번째 방법과 세 번째 방법을 결합시킨 것이다. 본 논문에서는 각 방법의 장단점을 비교하여 네 번째 방법을 채택하였다. 따라서 보행자의 위치를 고려하여 차도변에서 2m를 전 도면에 통일된 1차 수음선의 기준으로 정하고, 최대 피해 거주자를 고려하여 각 도로구간별로 차도변에서 최근접 건축물이 위치한 선을 2차 수음선의 기준으로 결정하였다. 건축물이 없는 구간은 도로중앙에서 50m로 2차 수음선과 표현 범위를 정하였다.

수음점의 고도는 1차 수음선의 경우, 보행자를 수음자로 보고, 국민체력실태 조사자료를 분석하여 초등학교 이상의 전국 남녀 평균신장을 산출한 후 외부청각기관의 높이를 산출하여, 전 도면을 통일하여 적용하였는데, 이는 1.45 m 이었다.⁽²²⁾ 2차 수음선의 경우에는 외부소음의 주요 실내전파 경로를 고려하여, 각 피해건축물 1층 창문중앙의 높이를 수음점의 고도로 정하였다.⁽¹³⁾ 제한한 수음점의 고도는 소음원별 모든 선소음지도의 종류에 적용될 수 있다.

3.2 오염도 계급구간 구분 표준

소음지도 표준 모델 구성내용중 계급구간 구분은 표 1과 같이 제안하였다. 여기서 계급구간 구분은 앞장에서 언급한 음압변화의 인식특성,^(9, 10) ISO의 추천사항,⁽²³⁾ 국내 관련법규의 범규값(2, 4, 참조), 소음피해 의학정보를⁽²⁴⁾ 고려하여 5 dB(A)의 간격으로 구분하는 것을 원칙으로 하였다. 그러나 소음지도가 지녀야할 도시계획 등의 공간계획자료로서의 가치와 오염도 평가를 고려하여 법적 규제값을 반영하여 부분적으로 조정하였다. 법적 규제값은 기준값보다 한계치도의 기준이 되는 한도값을 중시하였는데, 그 이유는 소음지도가 예측값보다는 현황과악 값으로 제작되는 경우가 많기 때문이다. 따라서 구간 경계선값 중 낮은 경우에는 70 dB(A)를 68 dB(A)로, 75 dB(A)를 73 dB(A)로 대체하였고, 밤의 경우에는 60 dB(A)를 58 dB(A)로, 65 dB(A)를 63 dB(A)로 조정하였다. 이 때 계급구간에서 누락되는 밤의 60 dB(A)와 65 dB(A), 낮의 70 dB(A)와 75 dB(A)의 구간구분 경계선은 등음선 표현방법을 적용할 경우에 보조등음선으로 표현될 수 있다. 그리고 환경영향평가를 위하여 예측값으로 작성되는 소음지도의 경우에는 한도값대신 기준값을 반영할 수 있다.

계급구간의 하한은 ISO의 추천을 고려하여 35 dB(A) 미만으로 정하였으나, 앞으로 한국에서의 다양한 사례지역 오염도분석을 통하여 하한을 5 dB(A) 상향조정하는 것을 검토할 필요가 있다. 그 이유는 다음과 같다: (1) 현실적으로 35 dB(A) 미만의 오염도로 확인되는 지역은, 파악된 오염원에 못지 않은 다른 종류 소음원들로부터의 영향을 함께 받는 지역으로 볼 수 있고,⁽⁸⁾ (2) 35dB(A) 미만의 오염은 낮 실외소음의 경우 소음인식 피해가 보고되어 있

지 않으며,⁽²⁴⁾ (3) 가장 예민하게 보호되는 병원과 학교 등의 시설도 국내법상 최저 규제값인 밤 기준이 40 dB(A)이고, (4) 35 dB(A) 미만으로 표현된 지역의 소음오염정보는 실외공간계획에서 비중 있는 정보로 취급되지 않으며, (5) 하한을 5 dB(A) 상향조정하면 계급구간 수가 감소되어 계급구간표현의 변별력을 높일 수 있다.

계급구간의 상한은 ISO의 경우 80 dB(A)에서 85 dB(A)까지로 제한하는 것으로 추천하였으나, 높은 오염도가 발생하는 국내 상황을 고려하여, 상한 구간의 제한을 폐지하였다. 그리고 85 dB(A) 이상을 하나의 구간으로 추가 구분하는 것은 고려하지 않았는데, 그 이유는 (1) 국내법규의 최고 규제기준이 80 dB(A)이고, (2) 계급구간을 ISO 추천의 11단계 이상으로 세분하면, 오염도 판독이 용이하도록 변별력이 고려된 계급구간별 표현방법을 결정하기 어렵기 때문이다. 계급구간을 주야간으로 구분하는 것도 오염도 표현의 통일성을 높이고, 주야간 소음지도의 효율적인 비교평가를 위하여 배제하였다. Table 1에 분류된 계급구간별 경계값은, 5 dB(A)의 간격을 기본골격으로 유지하면서, 해당 지도에 표현되는 소음원의 종류별로 관련 최신 법규값을 반영하여 변경될 수 있다.

3.3 계급구간별 표현방법 표준

계급구간별 표현방법은 앞장에서 언급한 정보의 연속성과 계급간 변별력의 양 측면을 조화시키고, ISO의 추천을 고려하여⁽²³⁾ Table 1과 같이 제안하였다. 여기서 색채선정은 정보의 연속성 표현보다 오염도 평가를 위한 계급간 변별력을 더 중시하였다. 따라서 녹색계통, 황색계통, 적색계통, 청색계통의 4종류의 색상을 적용하였고, 황·적색계통과 청색계통의 색은 계급구간별 구분을 좀 더 명확히 할 수 있도록 선별하였다. 그러나 오염도 증가에 따른 척도의 연속감과 질서적인 계층감도 고려하기 위하여, 적색계통의 상단 구간들은 채도를 높였다. 즉 연분홍, 연보라, 등의 사용은 적색보다 높은 오염도가 적색보다 낮게 인식될 수도 있기 때문에 제외시켰고, 청색계통도 적색계통에서 이어지는 높은 오염도의 표현임을 감안하여 연청색이나 순수한 청색의 적용을 배제하였으며 명도를 낮추고 채도를 높였다. 그리고 오염도 평가가 용이하도록, 국내 법규에 따라 변경된 계급구간과 소음피해에 상응하게 색채를 배정하였다. 즉, 밤 한도값이 적용되기 시작하는 58 dB(A)부터 적색으로 표현하였고, 한도값의 낮 최대치인 73 dB(A)부터는 청색으로 표현하였다. 그리고 실외소음의 경우 소음피해나 민원이 발생하지 않는 것으로 보고된 45 dB(A) 미만에는 녹색계통으로 표현하였고, 인체에 객관적으로 유효한 피해 반응이 야기되는 것으로 보고된 75 dB(A)이상의 오염도는 청색계통으로 표현하였으며, 직접 청력에도 영향을 미치지

Table 1 Proposed graphic Presentation of noise zone

순서	계급구간 단위: dB(A)	색채명	색	색채번호 ⁽²⁴⁾ VHS	무늬	무늬 구성	무늬 설명
1	35 미만	연녹색		63, 60, 254		작은점, 저밀도	점직경:0.1mm 점간격:1.5mm
2	35이상 40 미만	녹색		55, 255, 254		중간점, 중간밀도	점직경:0.2mm 점간격:1.0mm
3	40 이상 45 미만	진녹색		85, 255, 220		큰점, 고밀도	점직경:0.4mm 점간격:1.0mm
4	45 이상 50 미만	노란색		42, 255, 255		수직선, 저밀도	선굵기:0.1mm 선간격:2.0mm
5	50 이상 55 미만	연황색		31, 255, 255		수직선, 중간밀도	선굵기:0.1mm 선간격:1.5mm
6	55 이상 60 미만(낮) 55 이상 58 미만(밤)	진황색		17, 255, 255		수직선, 고밀도	선굵기:0.1mm 선간격:1.0mm
7	60 이상 65 미만(낮) 58 이상 63 미만(밤)	적색		0, 255, 255		격자무늬, 저밀도	선굵기:0.1mm 선간격:2.0mm
8	65 이상 68 미만(낮) 63 이상 70 미만(밤)	진분홍		228, 200, 200		격자무늬, 중간밀도	선굵기:0.1mm 선간격:1.5mm
9	68 이상 73 미만(낮) 70 이상 75 미만(밤)	진보라		202, 255, 153		격자무늬, 고밀도	선굵기:0.1mm 선간격:1.0mm
10	73 이상 80 미만(낮) 75 이상 80 미만(밤)	청색		170, 255, 255		굵은 수직 선 저밀도	선굵기:1.0mm 선간격:1.0mm
11	80 이상	진청색		174, 255, 130		굵은 수직 선 고밀도	선굵기:2.0mm 선간격:1.0mm

* 계급구간의 경계값은 지도에 표현될 소음의 종류별로 해당 최신 법규값을 반영하여 변경될 수 있다.

시작하는 것으로 알려진 80 dB(A)부터는 진청색으로 표현하였다.⁽²⁴⁾ 한편 오염도가 낮은 단계의 녹색표현은 빛의 파장별 스펙트럼 순서나 색채 인식의 문화적 차이를 고려하여, 진녹색이 연녹색 보다 오염도가 더 낮은 단계를 표현하는 색으로 지정될 수도 있으나, 일단은 국제적인 통일을 고려하여 연녹색이 진녹색보다 오염도가 낮은 단계로 분류하였다. 이 문제는 차후에, 적용한 계급구간 구분척도와 계급간 실제 인지도를 비교하는 연구를 통하여 해결되어야 할 과제이다.

ISO에서는 색채가 명확하게 지정되지 않고 문자로만 언급되어 있으나, 오염도표현의 명확성과 색채표현의 오용가능성 방지를 위해서는 구체적으로 색채를 지정할 필요가 있다. 따라서 Table 1에서는 표현색채를 분명히 지정하여 예시하였는데, 제시된 색채는 본 논문에서 사용한 전산 지도화 도구인 ArcView와 ARC/INFO 프로그램에서 채택되고 있는 색상, 채도, 명도(HSV)로 구분하여 지정하였다. 여기서 인접 계급간 유사색채의 분류와 선별에서는 색채

관독에 가장 큰 영향을 미치는 것으로 알려진 명도차를 일반적으로 중시하였다. 이 색채의 지정은 앞으로 문화환경별로 차이가 존재할 수 있는 색채의 인식도와 국가표준색지정을 바탕으로 개선될 수 있으나, 그에 앞서 전산지도화 프로그램에서 지정할 수 있는 색채와 국가표준색을 상호 호환시킬 수 있는 색채지정 연구가 진행되어야 한다. 그리고 컴퓨터 모니터 상에서 프로그램으로 지정한 색채와 플롯터나 천연색 프린터에서 인쇄되는 색은 일반적으로 차이가 있다는 것도 유의하여야 한다.

계급구간별 무늬도, 오염도 분포의 연속성보다 오염도 평가를 위한 계급구간별 변별력을 중시하고, ISO의 추천을 고려하여 4 종류의 무늬 패턴으로 지정하였다. 그러나 정보의 연속성도 고려될 수 있도록 변별력에 손상이 가지 않는 범위에서 점과 선의 굵기와 밀도를 조정하였다. ISO에서는 해당 무늬가 문자로만 언급되어 있으나, 본 논문에서는 구체적인 범례를 제시하기 위하여, 다음과 같이 정하였다. 먼저 점무늬의 경우 점의 크기는 직경 0.1mm를 시작으로 3

단계까지 단계별로 100 %씩 증가시키고, 점의 간격은 2 단계와 3단계에서 동일하게 1 단계의 1/3로 감소시켰다. 그 이유는 1~2 단계의 경우, 2 단계에서 점의 크기를 1 단계의 100 %로 증가시켰음에도 불구하고, 일반적으로 점의 크기가 모두 작아, 1 단계와 2 단계의 구분이 뚜렷하지 않기 때문에, 밀도를 1/3로 감소시켰으나, 3단계에서도 밀도를 2 단계의 1/3로 축소시키는 것은, 점무늬의 3 단계가 수직선 패턴을 적용하는 다음 단계보다도 큰 차이로 밀도가 조밀해지기 때문에 배제하였다. 수직선 무늬의 경우는 선의 굵기를 점 패턴의 첫 단계와 동일하게 0.1mm로 정하고, 밀도는 2mm 간격을 시작으로 단계별로 첫 단계의 25%씩 감소시켰다. 여기서 선의 굵기도 점차 굵게 조정하지 않은 이유는, 선은 점의 집합이기 때문에 수직선 무늬는 점무늬보다 완화된 굵기와 밀도를 적용하고, 격자선 첫 단계보다 수직선 셋째 단계가 너무 높은 밀도로 표현되는 것을 방지하기 위함이다. 격자 무늬는 수직선을 교차시켜 수직선 무늬보다 농도가 짙게 표현되기 때문에, 두께와 밀도를 재차 상향조정하지 않고 수직선과 동일하게 적용하였다. 굵은 수직선의 경우는 먼저 두께와 줄 간격을 각각 1mm로 정하고, 다음 단계에서 두께를 100% 증가시켰다. 여기서 최상급의 80 dB(A) 이상 구간은 ISO에서처럼 완전한 흑색을 사용하거나 전 단계보다 줄 간격을 다시 50% 감소시킬 수도 있으나, 이 경우에는 기본도의 배경정보 훼손이 심하고, 오염도가 바로 전 단계들에 비하여 갑자기 너무 강하게 부각되는 경향이 있으며, 연속성도 떨어지기 때문에 배제하였다. 그리고 무늬의 지정에서도 컴퓨터 프로그램으로 조정된 밀도 및 굵기와 플롯터나 프린터로 인쇄되는 밀도와 굵기가 상이할 수 있다는 것에 유의하여야 한다.

3.4 지도 내용과 디자인 표준 모델

표준모델로 채택한 지도 내용과 도안은 Fig. 1의 사례적용을 통한 도면으로 제시하였는데 그 내용은 다음과 같다. (1) 지도 디자인과 범례요소의 구도 및 배치는 다음과 같다: 도폭의 복단 중앙에 지도명, 도폭 중앙에 소음오염도면, 남쪽 동편에는 소음단위와 계급구간별 해당 소음값 및 표현 색채 또는 무늬를, 남쪽 서편에는 세부 범례를, 남쪽 중앙에 방위를, 방위 서편에 축척을, 축척 하단에는 법적 효력을 표현하는 것으로 구성한다. (2) 지도명에서는 소음의 종류를 함께 표현하여 지도명의 부제표현을 간소화한다. 이는 소음지도를 소음원 종류별로 구분하여 별도로 제작하도록 유도하기 때문에, 혼합소음도를 지도화하는 오류를 예방토록 할 수 있다. (3) 파악한 소음오염도의 노출시간대는 관련법규에 준하여 낮, 밤, 조식, 심야로 구분하고 지도명 우측에 지도명의 50 % 크기로 표현한다. (4) 오염도는 소음의 물리적 특성보다 소음인식 및 피해를

중시하여 평가소음도로 표현한다. (5) 세부 범례에는 상에서 하의 순으로 수음점 또는 수음선의 위치, 소음원, 오염도파악일시 또는 소음값 산출자료 조사일시, 측정방법 또는 계산법의 출처, 작성자, 작성 연월일을 표현한다. (6) 표현문자는 돌음체로 통일한다.

그리고 표준모델에서는 명시하지 않았으나 점소음지도 작성시 또는 선소음지도에 특정 수음점의 측정값이나 계산값을 점표현방법으로 표현할 경우에는, 수음점 위치를 특수 기호로 표현하고, 이 수음점별로 별도의 표를 연결하도록 디자인하여, 이 표에 건물 층수별 그리고 시간대별 오염도와 해당 법규 규제값도 함께 표현할 수 있다. 이 경우에는 수음점에서의 오염도 파악방법 및 단위를 추가로 범례에 명시하여야 한다. 또한 도면에 엄격한 소음규제가 요구되는 용도지역과 지구 및 시설 등을 구별할 수 있도록 표현할 경우에는 세부 범례에 이를 명시해주어야 한다.

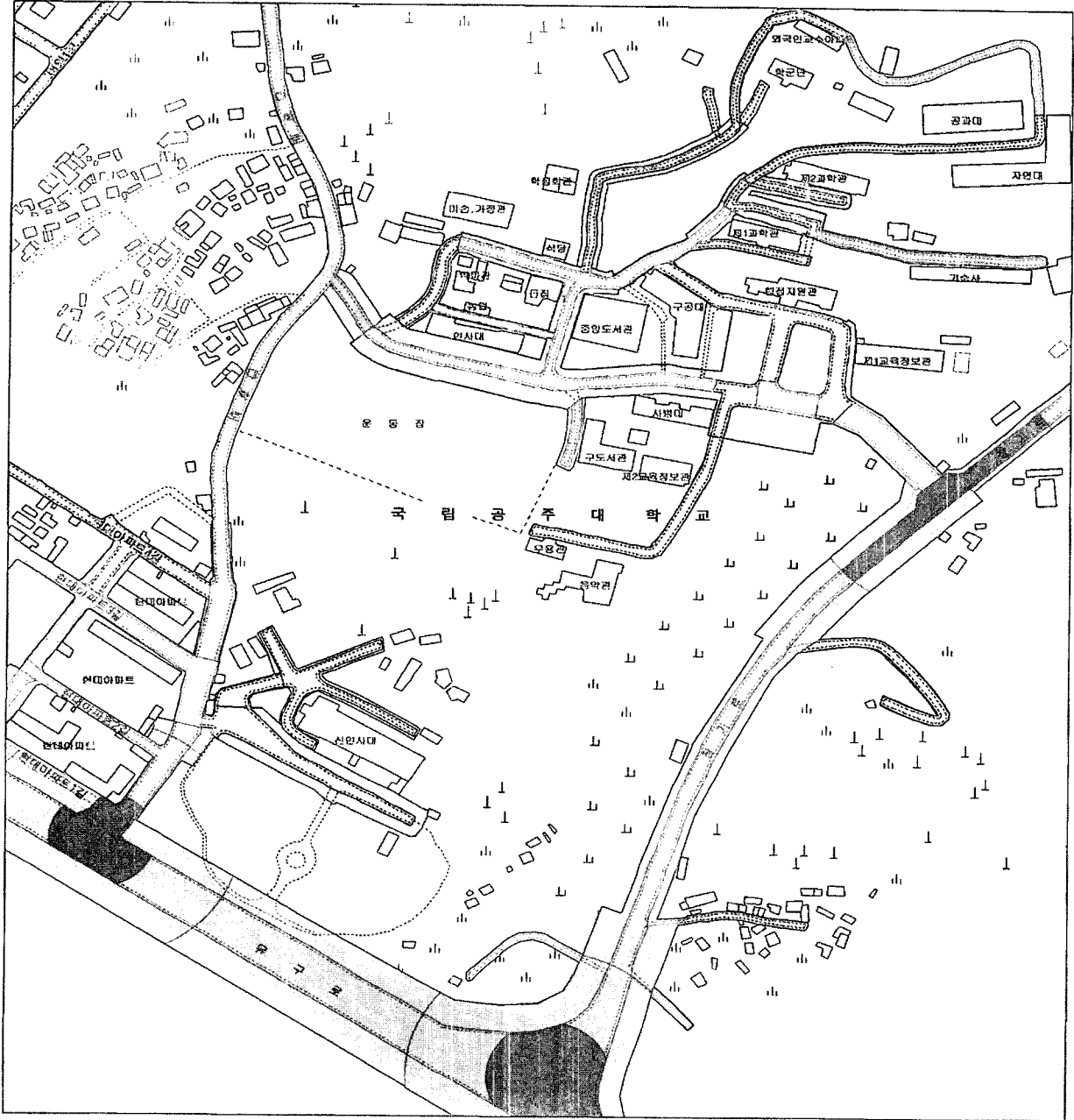
Fig. 1의 하단부에 표현된 범례는, 지도화 지역이 넓어 여러 장의 지도폭으로 인쇄될 경우에 분리하여 별도로 인쇄하고, 소음오염도면은 도폭별로 범례 표현을 하지 않고 여러 폭의 지도폭이나 지도첩으로 제작할 수도 있다. 이 경우 별도로 작성되는 범례표에도 표준모델에서 채택한 내용이 동일하게 적용되지만, 지도 디자인과 범례요소의 배치구도는 다음과 같이 조정되는 것이 바람직하다: 복단 중앙에 지도명을, 지도명 하단에 시간대를, 중앙 서편에 계급구간별 색채 또는 무늬를, 중앙 동편에 계급구간별 오염도 단위 및 해당 소음값을 그리고 그 동편에 방위를, 남쪽 서편에 세부 범례를 그리고 그 동편에 축척을, 최남단에 법적 책임을 표현하는 것으로 구성한다. 그리고 개개의 지도폭 복단 중앙에는 개별 지도폭들을 상호 구분할 수 있는 세부지명을 표현한다. 또한 점표현 방법을 적용한 경우에는 남서편의 법적 효력 상단에 점표현 범례를 추가한다. 그러나 본 논문에서는 지면 때문에 범례만 별도로 작성하는 경우의 예시를 생략한다.

4. 표준 모델 적용과 문제점

4.1 표준 모델 적용

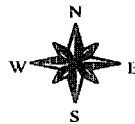
제안한 표준 모델은 소음종류별로 그리고 표현방법에 따른 소음지도의 종류별로 다양하게 적용될 수 있는데, 본 논문에서는 오염지역이 가장 넓게 분포하는 도로교통소음을 대상소음으로 정하고, 범례내용이 가장 복잡한 선소음지도를 사례로 선정하였다. 표준 모델의 적용 대상지역은 공주시 신관동의 공주대학교가 위치한 지역이며, 오염도파악시간대는 낮(06:00~22:00)이다. 소음오염도는 계산법을 적용하여 파악하였다. 계산법으로는 한국의 계산모델을 적용하는 것이 바람직하지만, 국립환경연구원에서 제시한 모

공주시 도로교통 소음지도 낮, 06:00-22:00시



수음선 : 지상 1.5m, 차도변에서 2m 및 도로변에 평행한 첫번째 건축물선,
 건축물이 없는 도로구간의 경우에는 도로중앙에서 50m
 소음원 : 도로교통소음
 교통량조사일시 : 1997년 10월 12일
 소음값산출방법 : DIN 18005 Teil 1, 평가소음도
 작성자 : 조기호
 작성일시 : 1999년 8월 16일

100 0 100 Meters



이 지도에 표현된 소음오염도의 정확성에 관한 법적 책임은 없습니다.

색	소음오염도, 단위: dB(A)
[White]	35 미만
[Lightest Gray]	35 이상 40 미만
[Light Gray]	40 이상 45 미만
[Medium-Light Gray]	45 이상 50 미만
[Medium Gray]	50 이상 55 미만
[Medium-Dark Gray]	55 이상 60 미만
[Dark Gray]	60 이상 65 미만
[Very Dark Gray]	65 이상 68 미만
[Black]	68 이상 73 미만

Fig. 1 Application of the proposed model

델로는 신호등이 설치된 교차로의 소음인식을 고려한 평가 소음값을 산출할 수 없고, 고도, 도로의 경사도, 도로포장재료, 밀집된 건축물로부터의 반사음 등도 고려할 수가 없다.^(13~15) 따라서 20여 년간 수정 보완되어 적용되고 있는 DIN 18005 Teil 1과 RLS-90에 제시된 계산모델들을 적용하여 평가소음값을 산출하였고,^(25, 26) 단위는 Leq dB(A)를 적용하였다.^(19, 20) 그러나 추후에 단점이 보완되어 한국 모델이 개선되면 이를 적용하는 것이 바람직하다. 각 도로구간별 소음값 계산은, 국내에 DIN 18005 Teil 1을 모델로 적용한 전산 프로그램이 아직 개발되어 있지 않아, Delphi로 새로 개발한 소음값 산출 프로그램을 적용하였다.⁽²⁷⁾ 계산근거 자료인 교통량은 1997년 10월 22일 17:00~18:00에 30명의 조사자가 참가하여 각 도로구간별로 조사하였다. 도로구간별로 1시간동안 조사한 교통량은 1년 평균 낮 시간대의 시간당 교통량으로 환산하였다. 이에 사용된 환산지수는 사례지역의 최근접지에 위치한 국도의 자동차교통량 조사지점에서 파악된 연간 교통량통계자료를 분석하여 산출하였다. 산출결과 97년 1년 365일 중 10월 22일의 낮 06:00~22:00사이의 교통량지수는 0.0027이었고, 22일의 낮 06:00~22:00시 중에서 17:00~18:00시 사이의 교통량지수는 0.0742였다.

수음선지정과 오염도 계급구간 구분 및 계급구간별 표현방법은 앞장에서 제안한 표준을 그대로 적용하였다. 기본도는 국립지리원 발행 1 : 5,000 지형도를 이용하였는데, 최근에 도로명 주소사업에서 제작한 도로명지도와 상이한 부분은 최신의 상태로 수정하였다. 기본도에 오염도를 표현하는 도구로는 관련 프로그램인 CADImageScan, MicroStation, ArcView, ARC/INFO를 사용하였다. 이들 프로그램을 이용한 지도의 전산화 작업은, 기본도를 벡터 구조로 변환시키고 오염구간을 폴리곤으로 지정하는데 시간이 많이 소요되었으나, 다음과 같은 장점이 있다: (1) 입력된 기본도를 이용한 소음값계산 기초자료들의 산출이 용이하다. 예를 들어 각 구간별 소음원과 수음점 간의 거리 자동산출 등. (2) 입력된 기본도를 이용하여 수음점과 수음선의 지정 및 도화를 용이하게 할 수 있다. (3) 기본도의 부분적인 축소, 확대가 자유롭기 때문에, 미세한 부분의 도화작업과 개괄적인 도상작업 진행 점검 및 비교관찰이 용이하다. (4) 축척을 자유롭게 조절할 수 있다. (5) 한번 전산지도가 완성되면, 차후 오염도가 증감될 때마다 변경된 기본자료만 교정 입력하면, 증감된 소음값이 표현된 지도를 용이하게 출력시킬 수 있다. (6) 각 수음선 구간별로 오염도가 표현된 공간의 소음값 산출근거자료와 기본입력정보의 확인이 용이하다. (7) 오염도표현의 오류와 그 원인을 파악하고 수정하기 용이하다.

Fig. 1과 같이 소음지도가 완성되면, 관련 법규를 기준으

로 오염구간별 평가가 이루어지고, 용도지역별 도시계획내용과 현지의 자연조건 및 인문조건을 고려한 소음저감방안을 수립하여 이를 도시계획에 반영하여야 한다. 그러나 소음지도를 기본자료로 이용한 오염도평가와 소음저감방안 수립에 관한 내용은 차후의 과제로 미루고 본 논문에서는 언급을 생략한다.

4.2 표준 모델 적용의 문제점과 해결방안

표준 모델 적용시에 발생했던 문제점과 그의 해결방법은 다음과 같다: 첫째, 선소음원인 도로교통소음의 경우에, 도로변의 피해 건축물 존재여부와 그 위치에 따라 도로 양안의 2차 수음선 간격이 일정하지 않아서, 동일한 소음원의 양안으로, 각기 다른 오염도와 표현공간 범위가 출현했다. 이 경우는 도로 양안 중 도로에 최근접하여 위치한 피해 건축물의 도로변 이용공간 벽면을 기준으로, 도로 양안의 2차 수음선 지정을 통일하였다. 그 이유는 최근접 피해건축물이 입지한 도로변이 오염도가 더 높게 파악되고 오염도 평가의 기준이 되기 때문이다. 둘째, 최근접 피해건축물의 정면과 측면으로 모두 도로가 위치하면, 동일한 최근접 건축물을 기준으로 하여도 2차 수음선구간의 폭이 정면과 측면 도로에 다르게 선정될 수 있다. 이 경우에는 소음값 합산시에 우위를 점하는 오염도가 높은 쪽 도로를 기준으로 2차 수음선구간을 설정하였으며, 양 측면의 오염도가 동일할 경우에는 피해건축물의 보호공간이 넓게 분포한 벽면의 창문이 위치한 지점을 기준으로 정하였다. 셋째, 교차로에서는 교차하는 각 도로구간의 2차 수음선구간이 상호 중첩되었다. 이 경우에는 높은 오염도구간이 실제 오염도를 좌우하기 때문에, 중첩되는 2차 수음선구간 중 오염도가 낮은 구간을 오염도가 높은 수음선구간에 배속시켰다. 넷째, 최근접 건축물의 용도와 배치 및 구조에 따라 2차 수음선이 다르게 선정될 수 있다. 이 경우 수음선은 건물의 용도 파악이 가능하면, 소음피해가 예상되는 법규상의 최저 규제값 적용 대상 건축물을 기준으로 선정하였고, 건축물의 배치와 구조에서는 차고, 발코니, 정문 등의 들출 부분이 아닌 실내 거주 이용공간의 창문이 있는 벽면을 중심으로 수음선을 지정하였다. 다섯째, 2차 수음선이 소음원에서 원 거리에 위치한 경우에는, 동일 오염도의 소음원을 지닌 구간인데도 인접 구간보다 낮은 오염도로 표현되거나, 계급구간을 건너뛰어 표현되는 경우가 발생하였다. 먼저 계급구간을 건너뛰는 경우에는, 물리적인 특성인 소음전파의 연속성을 고려하여, 소음값 산출 프로그램으로 소음원로부터의 거리에 따른 소음값 변화 폭을 산출하고, 건너 뜀 계급구간의 경계선을 찾아, 추가로 수음선구간을 지정하고 오염도를 표현하였다. 다음으로 계급구간을 건너뛰지 않는 경우에는, 2차 수음선이 원거리에 위치하여 낮은 오염도로

표현되더라도, 최근점 피해건축물의 오염정보 평가를 중시하여 그대로 표현하였다. 여섯째, 지도의 전산화 작업에서 수음선구간이 수정되어야 할 경우에, 특히 표현해야할 계급구간을 건너 뛴 경우에, 해당 계급구간의 경계선을 찾는 작업과 이를 수정해주는 작업이 자동으로 처리되지 않아, 문제가 되는 오염구간을 일일이 확인하여 벡터화 단계부터 수정해야하기 때문에, 시간이 많이 소요되었다. 이는 차후에 국가표준이 지정되고, 이를 기본으로 소음지도 전산화 프로그램이 개발될 때 개선되어야할 문제이다.

일곱째, 오염도가 큰 대로에 인접한 소로구간에 소음값을 표현할 때에는, 실제로 소로 자체에서 발생한 소음보다 대로에서 전파되어오는 소음값이 더 크다는 것을 고려하여, 도달소음값 합산모델의 적용 및 오염도 표현에 유의하여야 한다. 먼저 대로의 2차 수음선구간 안에 존재하는 소로구간은 실제 도달소음값을 산출하여 표현하였다. 이 경우에는 소로가 소음원으로 파악되었어도 대로의 2차 수음선구간 안에 소로의 수음선을 별도로 지정하지 않고, 대로의 수음선구간에 소로의 수음선구간을 포함시키는 것이 바람직하다. 다음으로 대로의 2차 수음선구간 안에 포함되지는 않았으나, 실제적으로는 소로 그 자체의 교통량에서 발생하는 오염도 보다 인접한 대로의 교통량에서 발생하여 전파되어오는 오염도가 더 높은 소로 구간이 나타난다. 이 경우는 대로의 수음선구간에 포함되지 않는 소로 소음원로부터의 오염도 평가를 중시하여, 소로의 2차 수음선구간 자체 오염도를 그대로 표현하였다. 이러한 문제는 면적소음지도 제작시에는, 같은 종류의 소음원에서 전파되어오는 소음값 산출시 합산모델이 적용되기 때문에, 발생되지 않는다. 그러나 선소음 지도에서는 대로에 인접한 소로의 오염도 관독시, 소로의 수음선구간에 표현된 오염도가, 소로의 소음원 평가를 중시한, 소로 자체에서만 발생한 오염도 임에 유의하여야 한다.

여덟째, 평가소음도 파악시 신호등이 설치된 교차로의 40m, 70m, 100m 구간의 설정 기준점은,⁽¹³⁾ 교차로의 중심점, 신호등이 위치한 지점, 정지선 또는 외곽차선 교차점 등으로 결정될 수 있으나, 도로별 정지선과 외곽차선 경계선이 만나는 지점으로 정하는 것이 바람직하다. 그 이유는 평가소음에서 고려되는 신호등이 설치된 교차로의 소음특성이 정지선에서의 출발과 정지가 반복되는 과정에서 발생하기 때문이다. 아홉째, 소음지도의 전산화 작업을 용이하게 하기 위하여, 버퍼링 기법을 적용하여 전 도면에 통일된 1차 수음선을 지정할 경우에는, 도로 폭이 큰 도로구간 일수록 소음원의 기점인 도로중앙선과 수음선 사이의 거리가 멀어지기 때문에, 오염도가 실제보다 낮게 산출될 수 있다. 따라서 4차선 이상의 도로에서는 소음원을 2차선 이하로 구분하여 오염도를 산출한 후, 합산모델을 적용하여

도달소음값을 산출할 수 있도록 프로그램이 개발되는 것이 바람직하다. 열 번째, 오염도 산출과 표현을 위하여 구분한 수음선구간의 경계선이, 실제 표현된 계급구간의 경계선과 일치하지 않을 경우에도, 불필요하게 지도에 표현되는 경우가 발생한다. 이는 지도전산화 작업 최종단계에서 수음선구간 경계선을 뛰어넘어 넓게 표현된 동일 오염도의 계급구간들을 확인하여, 입력정보가 저장된 수음선구간의 폴리곤은 존치하고, 동일 오염도 내부경계선의 표현만을 삭제하였다.

4.3 표준 모델 적용시의 유의사항

표준 모델 적용시에 유의할 점은 다음과 같다: 첫째, Table 1의 계급구간 경계선값은 지도에 표현될 소음의 종류별로 해당 최신 범규값을 반영하여 변경될 수 있다. 둘째, 소음지도는 소음종류별로 그리고 오염도 파악 시간대별로 별도로 작성하며, 2종류 이상의 소음을 혼합소음지도로 작성하지 않는다. 셋째, 정확한 오염도 산출 근거자료의 확보에 유의하여야 한다. 특히 도로교통소음의 경우, 한국의 교통량조사자료에는 화물차 비율에 관한 통계자료가 산출되어있지 않으나, 화물차가 소음오염도에 큰 영향을 미치는 만큼, 현지 교통량 샘플조사시 화물차 통행량을 정확히 파악하여, 이를 소음값 계산에 반영하여야 한다. 넷째, 소음지도의 범례에는 제작되는 소음지도에 표현되는 오염도에 해당하는 계급구간만을 표현할 수 있다. 이 경우 구간은 오염도가 낮은 계급구간이, 야간은 오염도가 높은 구간이 생략될 수 있다. 그러나 변별력을 높이기 위하여, 인접계급구간의 유사한 색채나 무늬를 임의로 제거하고, 제거된 구간에 표준범례의 계급구간을 뛰어넘어 생략된 색채나 무늬를 삽입하는 것은 바람직하지 않다. 다섯째, 측정으로 오염도를 확인하는 경우에는 소음원별 측정기준과 방법을 범례에 기술한다. 여섯째, 점소음도를 표현할 경우에는 범례에 점소음도 표현방법을 제시한다. 일곱째, 오염도는 무늬보다 색채로 표현되는 것이 바람직하며, 지도를 인쇄하기 전에 전산지도화 프로그램에서 지정한 색과 플롯터 및 프린터기로 인쇄한 색이 일치하는지 확인하여야 한다. 여덟째, 소음지도가 여러 장의 지도폭으로 제작될 경우에는 범례를 별도로 제작할 수 있으며, 지도부록을 작성한다. 부록에는 범례에 제시된 내용들이 좀 더 구체적으로 언급되어야 하고, 다음과 같은 내용들이 세부적으로 기술되는 것이 바람직하다: 수음점 또는 수음선 결정방법 및 그 사유, 측정법 및 계산법의 세부 내용과 그 출처, 도달소음 중첩지역의 오염도 합산 및 표현방법, 소음원의 분포, 오염현황 및 예측오염도 분석 및 평가내용, 관독내용의 적용범위 및 법적 책임, 필요한 경우 소음저감방안 및 방음조치 필요 지역과 시설. 그리고 필요한 경우 수음점 또는 오염구

간별로 소음값 산출에 사용된 세부 자료내용과 파악된 오염도를 도표로 작성하여 첨부시킬 수 있다.

4.4 국가표준 제정을 위한 국가의 이행 과제

소음지도의 국가표준 제정시에는 국가가 다음과 같은 과제들을 함께 해결해 주어야 한다: (1) 소음종류별로 실제 소음피해를 반영할 수 있는 공정한 평가소음값 파악 모델을 확정하여야 한다. (2) 지역별, 도로종류별, 시간대별 교통량 환산지수를 확정하여야 한다. (3) 소음값 계산에 화물차비율을 반영하고, 화물차비율 환산지수를 확정하여야 하며, 국도의 자동교통량조사자료에 화물차비율과 평균속도를 제시하여야 한다. (4) 국가표준색채와 표준무늬는 이용되고 있는 관련 전산프로그램에서의 지정과 상호 호환될 수 있도록 지정되어야 한다. (5) 한국의 인문환경에 적합한 수음점 및 수음선 지정기준을 체계적으로 규정해야 한다. (6) 소음노출시간대와 평가시간대를 한국 상황에 접합하게 조정하여야 한다. (7) 소음종류별로 공정한 소음값에측 전산프로그램을 개발하여 보급하여야 한다. (8) 장애물이 고려된 소음전파현상과 차음효과 그리고 소음오염도의 공간 분포와 확산을 규명할 수 있는 계산모델과 이의 전산프로그램을 개발하여 보급하여야 한다. (9) 소음오염도의 지도표현을 위한 자동 전산지도화 프로그램을 개발하여 보급하여야 한다. (10) 인간의 소음인식에 보다 근접한 새로운 소음척도를 지정하여야 한다. 이러한 사항들은 소음오염도 지도표현의 국가표준 제정뿐만 아니라 공정한 환경영향평가의 실시¹⁴⁾ 그리고 관련 정보산업의 국가경쟁력 강화를 위해서도 국가가 해결해야할 과제이다. 그리고 도시계획과 같은 공간계획수립과 환경오염도파악 및 환경영향평가에 소음지도의 제작을 의무화하고, 제작한 소음지도를 공개하는 것을 적극적으로 검토할 필요가 있다.

5. 결론

환경오염지도로서의 소음지도는 공공의 이해와 이용을 도모하며, 오염도 표현의 정확도를 높이고, 오염정보 전달의 왜곡과 오용을 예방하며, 주제도 제작원칙과 오염지도 제작목적에 부합될 수 있도록 제작되어야 한다. 그리고 소음지도는 지도표현방법에 따른 소음지도의 종류와 소음종류별 특성을 고려하여 제작되어야 한다. 이러한 사항들은 소음오염도 지도표현의 표준화를 통하여 달성될 수 있다. 본 논문에서는 소음오염도 지도표현의 표준화를 위하여, 표준화되어야할 내용과 방법을 분석하여 적용하고, 국제기준을 한국의 인문환경에 적합하게 반영하여, 소음오염도 지도표현의 표준 모델을 Table 1 및 Fig. 1과 같이 제안하였다. 그리고 제안된 표준 모델을 사례 지역에 적용하여

그 적용 가능성을 확인하고, 적용시 발생하는 문제점을 분석하여 그 해결방안과 적용시의 유의사항 및 국가가 이행해야할 과제들을 각각 제시하였다. 본 논문에서 제안된 표준 모델은 소음원의 종류와 소음지도의 종류 및 오염도 파악 시간대의 구분 없이 공통적으로 적용될 수 있는 통일된 표준안으로 작성되었다. 제안된 표준 모델은 다양한 사례 지역, 소음원의 종류, 지도표현방법과 시간대에 따른 소음지도의 종류에 각각 적용하여 그 효율성과 문제점을 점검하고, 그 경험을 바탕으로 개선될 수 있다. 앞으로 본 논문에서 제안된 표준 모델이 소음오염도 지도표현의 국가표준 제정 기본자료로 이용되면, 소음지도가 오염지도 제작목적과 소음의 특성에 적합하게 제작되고, 오염도 표현의 정확도를 높이며, 오염정보 전달의 왜곡과 오용을 방지하고, 공공의 이해와 이용을 도모하며, 궁극적으로 소음감소와 예방에 기여할 수 있을 것이다.

참고 문헌

- (1) DIN 18005 Teil 2, Sep. 1991, Schallschutz im Städtebau, Lärmkarten-Kartenmäßige Darstellung von Schallimmissionen.
- (2) IMMI 5.030 für Windows, Wölfel Meßsysteme Software GMBH+Co, WoelfelMess@compuserve.com.
- (3) SAIL, SAOS-3D, Kramer Software-Entwicklung GmbH, Sandstrasse 32, D-53757 Sankt Augustin.
- (4) Umlandverband Frankfurt, 1987, Umweltschutzbericht Teil I Straßenverkehrslärm; 1989, Umweltschutzbericht Teil II Schienenverkehrslärm, Industrie-und Gewerbelärm, Fluglärm.
- (5) 조기호, 1992, "Räumliche Bestimmung und Darstellung der künftigen Schallimmissionsbelastung für die Bebauungsplanung", Kieler Geographische Schriften, Bd.85, 222~239.
- (6) <http://www.me.go.kr>
- (7) UBA, 1997, Was Sie Schon Immer über Lärmschutz Wissen Wollten.
- (8) Landeshauptstadt Kiel Umweltschutzamt, 1995, Lärmkarte Kiel-Flächenhafte Darstellung der Lärmausbreitung.
- (9) 조기호, 1995, "소음의 주관적 인식과정에 관한 고찰", 한국소음진동공학회지, 제 5 권, 제 4 호, pp. 473~481.
- (10) 조기호, 1995, "음색의 주관적 평가와 소음필터가 소리의 소음인식화에 미치는 영향", 환경연구, 제 3권, pp. 83~100.

- (11) 이규철, 김정태, 1999, 환경소음예측 프로그램 SONICS의 3차원 구현방법에 관하여, 한국소음진동공학회 1999년 춘계학술발표대회논문집, pp. 580~585.
- (12) 조기호, 1990, Planungsrelevante Bestimmung der Schallimmissionsbelastung von Städten unterschiedlicher Verkehrsstruktur, (단행본).
- (13) 조기호, 1993, "도로교통소음 예측의 문제점과 해결방안", 환경연구, 제 1집, pp. 83~93.
- (14) 조기호, 1997, "소음영향평가의 문제점과 해결방안", 한국소음진동공학회지, 제 7 권, 제 2 호, pp. 431~441.
- (15) 조기호, 1994, "방음시설의 구조결정을 위한 차음효과예측의 문제점과 해결방안", 한국소음진동공학회지, 제 4 권, 제 4 호, pp. 413~424.
- (16) 한성철, 1993, 도로교통소음예측모형의 구축에 관한 연구, (단행본).
- (17) 정찬길, 1995, 도시 도로교통소음 예측모형 평가에 관한 연구, (단행본).
- (18) DIN 45631, 1967, Berechnung des Lautstärkepegels aus dem Geräuschspektrum, Verfahren Nach E. Zwicker.
- (19) DIN 45641, 1976, Mittelungspegel und Beurteilungspegel Zeitlich Schwankender Schallvorgänge.
- (20) DIN 45645, 1977, Teil 1, Einheitliche Ermittlung des Beurteilungspegels für Geräuschimmissionen.
- (21) Zwicker, E. und H. Fastl, 1986, "Sinnvolle Lärmmessung und Lärmgrenzwerte", in Z.f. Lärmbekämpfung, 33, pp. 61~67.
- (22) www.sportskorea.net/survey98/result.html.
- (23) ISO 1996 - 2, 1997, 1987 (1. E) Acoustics - Description and Measurement of Environmental noise -, Part 2 Acquisition of Data Pertinent to Land use.
- (24) Jansen, G. u.a. 1996, Lärmbedingte Gesundheitsbeeinträchtigungen unter Besonderer Berücksichtigung der Physiologischen Lärmempfindlichkeit. In Z. f. Lärmbekämpfung 43, pp. 31~40.
- (25) DIN 18005 Teil I, 1987.05, Schallschutz im Städtebau, Berechnungsverfahren.
- (26) RLS-90, 1990, Richtlinien für den Lärmschutz an Straßen, Der Bundesminister für Verkehr.
- (27) 장은정, 1999, GIS를 이용한 도로교통소음 예측 및 오염공간분석, (단행본).