

## 綜合環境指數에 관한 實證的 研究\*

姜尚穆\*\* · 李明憲\*\*\* · 金明洙\*\*\*\*

**논문 초록** 이 연구는 환경정책의 효율성 평가 등 다양한 용도로 이용될 수 있는 종합환경정보에 대한 요구가 증대됨에 따라 이에 부응하여 우리나라의 종합환경지수를 시도해 본 것이다. 우리나라 환경의 부문과 전체의 추이 및 그 특징을 보여주는 부문지수와 종합지수를 통하여 환경지표의 현황과 환경문제의 심각 정도를 제시하였다. 1986년부터 1995년간 9개 부문지수는 오존층고갈 지수와 산성화 지수를 제외한 7개 부문 지수는 악화추세를 보였고 종합환경지수 또한 1986년 대비 1995년에 약 1.5배 악화되었다. 우리나라의 심각한 환경문제의 유형은 시기에 따라 변하고 있다. 1980년대 후반의 심각한 환경문제는 산성화, 부영양화, 광화학스모그였으나 1990년대에 이르러서 이러한 환경문제의 심각성은 줄어들고, 오히려 지구온난화, 생물다양성 상실, 자원고갈, 생태독극물 배출 문제가 전체 환경악화를 주도하고 있음을 확인할 수 있었다. 따라서 앞으로 우리나라의 환경정책은 이와 같은 환경문제의 방지를 위해 상대적으로 더 많이 노력해야 함을 시사하고 있다.

**핵심주제어:** 종합환경지수, 부문환경지수, 환경문제

**경제학문헌목록 주제분류:** Q2

\* 한국경제학회 98년도 정기학술발표대회의 토론자 김진욱 교수와 익명의 심사위원의 논평에 감사한다.

\*\* 통계청 통계개발과 사무관

\*\*\* 계명대 정경학부 조교수

\*\*\*\* 국토연구원 건설경제연구실 연구위원

## 1. 서론

지속가능한 발전을 평가하기 위한 환경정보통합은 국가적이고 국제적으로 환경 정책을 위한 요건이 되고 있다. 또한 많은 국제조직과 협의기구는 국가들의 환경정책 효율성을 평가하기 위하여 회원국들에 대한 환경압력의 전반적 규모를 파악하고자 한다.<sup>1)</sup> 최근 국제적으로 대두되고 있는 환경과 지속가능한 발전에 관한 지표나 지수들은 환경압력과 환경상태의 전체적 구도를 파악하게 해줄 수 있는 수단이 된다.<sup>2)</sup> 뿐만 아니라 환경지수는 환경계 정화 작업과 밀접히 연계되어 있다(강상목, 1997a). 하지만 우리나라에서는 종합환경정보에 대한 연구가 부족하여 종합환경지수에 관한 연구가 절실한 실정이다.

환경지수는 환경적, 경제적 의사결정을 할 때, 환경에 관한 이해하기 쉬운 정보를 널리 일반 국민에게 제공한다. 하지만 환경자료를 통합하여 지수를 작성하기 위해서는 자연자원의 이용, 환경오염 그리고 환경상태 등에 관한 포괄적인 정보가 필요하다. 환경적 의사결정은 가장 심각한 환경문제를 완화시키는 것이 목적이므로 환경문제에 따라서 환경정보를 통합하는 것이 합리적이다. 환경문제는 일반적으로 자연과학에 기초해서 평가할 수 있을 뿐만 아니라 경제적이고 사회적인 정보에 따라서도 평가할 수 있다. 그러나 정작 환경지표를 환경지수로 통합하려는 작업은 미미한 실정이다. 아직은 개별 환경지표들을 통합하는 데 방법론이 다양하게 개발되지 못하고 근본적으로 환경지수 작성에 포함되어야 할 기초 환경자료들이 제대로 구축되어 있지 못하여 체계화되고 신뢰성있는 종합환경지수 작성이 어렵다. 또한 환경상태의 추이 변화를 보여주기 위해서는 일관되고 정기적인 자료생산이 이루어질 때 시간의 변화에 따른 환경변화를 파악할 수 있고 이에 대한 정책적 의미와 수단을 마련할 수가 있다.

종합지수로 가장 보편적인 것은 GNP, 물가지수 등과 같은 경제학에서 사용하는 지수들이 있다(U. S. EPA, 1997). 상대적으로 삶의 질이나 환경지수는 그 발달이

1) 이러한 국제조직으로는 UNSDC, UNSTAT, OECD, EC, EUROSTAT 등이 있다.

2) 환경지표란 환경을 구성하는 여러 부문의 관측값들 중에서 현상을 가장 잘 보여주는 대표적인 관측값을 선정한 것을 말하며, 환경지수란 환경의 여러 부문을 대표하는 2개 이상의 환경지표를 결합하고 표준화하여 하나의 수치로 통합한 값이라 정의할 수 있다. 지표, 지수에 관한 상세한 내용은 강상목(1997b, 1997c)을 참조 바람.

늦었고 1960년대 말에 와서 종합지수의 작성이 제기되기 시작하였다. 1970년대 들어서면서 Inhaber(1974), Ott(1978) 등이 지수작업을 체계화하였다.

Inhaber(1974)는 캐나다의 환경질을 측정하기 위하여 전체 환경을 대기, 수질, 토양, 기타 환경의 4부분으로 나누어 각각의 부문지수를 구한 후 각 지표별로 가중치를 부여하여 최종 종합환경지수를 도출하였다. 각 부문지수와 종합지수 모두를 RSP(root-sum-power)를 적용하여 작성하였다. 총사용된 지표 수는 33개로 구성되어 있다. Inhaber의 환경질지수는 최초로 종합환경지수 작성을 시도하였다는 데 그 의미가 있으나 한 연도에 한정해서 종합지수를 작성함으로써 캐나다 환경상태의 추이를 보여주지 못하였고 1970년대 초 자료이용 가능성에 많은 제약이 있어 지표의 대표성에 문제가 있었다. 또한 가중치를 연구팀의 자의에 따라 부여함으로써 가중화 작업이 이론적으로 체계화되지 못하였다.

NWF(1991)는 1969년 이후 연간 환경질지수를 발표해왔다. NWF 지수는 1969년 이후 지금까지 환경매체를 중심으로 부문별 지표를 선정하여 종합하는 방식을 택하고 있다. 그런데 포함된 환경매체는 대기, 수질, 토양, 산림, 야생생물 부문을 공통으로 고려하고 1980년대 중반까지는 광물이 들어갔으나 중반 이후 에너지부문이 포함된 것 외에 큰 변화는 없었다. 그런데 NWF 지수는 작성하기 간단하고 일반 대중에게 쉽게 이해되며 쉽게 산정될 수 있다는 이점이 있으나 충분한 자료에 기초해서 작성되지 못했고, 유도된 수치는 매우 주관적 판단에 의존하고 있다는 비판을 받았다(Parker, 1991).

Hope *et al.*(1992, 1995)가 시도한 환경지수는 시범적인 지수였다. 이들이 작성한 종합지수는 9개 지표를 가지고 1980년에서 1988년까지 연도별로 영국, 프랑스 그리고 이탈리아에 대한 지수를 비교하였다. 여기서는 종합환경을 대기, 수질, 경관의 세 부분으로 나누고 자료출처, 자료제공자와의 논의와 필자의 직관적 느낌으로 환경지표를 선정하였으며 선정된 지표를 수질, 대기 경관부문에 포함시켰다. 그 다음으로 각각 상이한 단위로 표시된 지표를 표준화기 위하여 1980년을 기준연도 100으로 할 때 비교연도의 값을 상대수치로 전환하였다. 이렇게 표준화된 환경지표를 통합하여 종합지수를 작성하기 위해 일반대중에 대한 여론조사를 실시하고 각 지표의 가중치 값을 도출하고자 하였다. 그런데 이들의 문제점은 일정한 지수작성 모형이나 체계를 정립하지 못하였고 환경지표를 수질, 대기, 경관부문에서 일부 지표만을 포함시킴으로써 전체 환경을 대표하기는 크게 미흡하다는 점이다.

네덜란드의 Adriaanse(1993)는 환경상태 변화를 상징하는 포괄적 평가뿐만 아니라 수질오염과 같은 일정 문제가 포함되었다. 포괄적 평가에 포함된 분야는 7개 분야 즉, 기후변화, 오존층고갈, 산성화, 부영양화, 유독물확산, 폐기물처분 그리고 혼잡 등이며 이들 지표가 2000년 목표와 비교되고 합산되었다. Adriaanse는 지속가능성 수준에 기초한 또 다른 지수를 제시하였다. 환경문제별 통합은 환경압력의 영향에 기초해서 산정하였고 환경관심도의 수량화는 목표치에 대한 실제 압력의 차이로 산정하였다.

Swedish EPA(1993)는 의사결정과 공공논의를 위한 정보를 제공할 목적으로 환경압력과 환경상태의 전반적인 것을 포함하고 있다. 이후 Puolamaa *et al.*(1996)은 환경친화지수를 작성하기 위한 방법론을 제시하였다. 이들은 환경문제를 지구온난화, 오존고갈, 소음 등 10개 부문으로 확대하여 작성방법론을 제시하였다. 그러나 환경계수의 미비와 기초 압력자료의 부족 등을 이유로 환경친화지수 작성은 시도하지 않았다.

그런데 지금까지 시도된 환경지수 개발작업은 경제지수, 사회지수와 비교하면 그렇게 활발하지 못하였다. 경제지수는 세계적으로 널리 개발되어서 상당한 논의를 통하여 발전되어 왔다. 따라서 GNP와 소비자물가지수와 같은 경제지수는 국가의 경제상태의 척도로 세계적으로 이용되고 있다. 그러나 이와 같은 경제지수도 보다 좋은 자료가 이용가능하고 보다 개선된 복지측정수단이 개발될 때 재정의되고 수정된다.<sup>3)</sup>

이러한 환경지수화 작업과정에 대한 부정적 견해도 있을 수 있다. 그러나 소비자물가지수에서의 가중치도 가계의 구매력을 이용하기 위하여 공공여론조사를 이용할 뿐만 아니라 아직도 물가지수에 포함되지 않고 있는 항목들이 많아서 논란이 되고 있다. 따라서 환경지수와 물가지수 같은 경제지수의 작성방법에서 접근방법은 유사하다.<sup>4)</sup> 다만 경제지수들은 재화의 가치를 시장가격화시켰고 환경지수에서는 경제지수의 작성방법에 환경과학적 요소를 추가해야 하는 차이점이 있지만 근본적으로 사회구성원들의 주관적 선호나 가치판단에 의존한다는 점에서는 동일한 것이다.

따라서 본 논문에서는 지금까지 작성되고 있지 못한 종합환경지수에 대한 작성방

3) 최근 국민복지의 대표적 측정수단인 GNP가 환경계정을 포함한 환경과 경제통합계정(SEEA) 체계로 나아가고 있는 것은 그 대표적인 예이다.

4) 환경지수의 작성방법에 관한 이론적 기초는 강상목(1997c)을 참조 바람.

법을 제시하고 이를 한국에 적용하여 한국의 종합환경지수를 작성하고 이를 기초로 정책적 시사점을 제공하고자 한다.

## II. 이론 모형

종합환경지수의 개발과정은 첫째, 환경지표를 자연과학적 지식에 기초하여 부문 환경지수로 통합하고 둘째, 환경관심도의 수량화를 통하여 부문환경지수의 가중치를 산정하여 이를 부문환경지수에 통합하는 것이다. 부문환경지수는 완전히 새로운 정보범주로서 수요자들의 정보욕구를 충족시켜 주게 된다. 그러나 부문환경지수들의 질은 크게 기본자료의 질과 영향계수에 의존하게 된다. 전체 환경을 포괄할 수 있는 환경문제의 범주를 분류한 연후 각 부문환경지수를 도출하기 위한 첫 단계는 해당 환경문제에 영향을 미치는 압력 발생원을 파악하는 것이다. 이를 위해서는 압력 발생원에서 배출되는 다양한 오염물질과 그 오염물질이 해당 환경문제에 영향을 주는 인과관계와 주요 특징을 과학적으로 규명함이 필요하다. 이러한 절차를 통하여 주된 압력물질에 관한 자료원이 파악될 수 있다.

환경압력은 자연환경의 자정능력이 크게 변화하기 때문에 오염배출량의 잠재적 영향에 기초하여 측정하는 것이 가장 적절한 것으로 간주되고 있다. 각 환경문제에 대한 주된 압력의 상대적 기여도를 결정하기 위해서 각 문제에 대한 1차적 잠재영향을 보여주게 될 기준물질이 선택되고 나면, 상대적 영향력, 혹은 환경영향계수나 배출원단위 등을 통하여 관련 물질들의 총 압력이 기준물질로 환산된다. 환경에 주는 잠재적 영향에 따라 기준물질로 환산된 각각의 압력은 합산되어 다음과 같은 문제지수가 된다. 만약 하나의 압력이 여러 환경문제에 영향을 미친다면, 그 다양한 영향들이 각 환경문제 속에 포함될 것이다.

$$PI_{jt} = P_{1jt} \times E_{1jt} + P_{2jt} \times E_{2jt} + \cdots + P_{njt} \times E_{njt} = \sum_{i=1}^n P_{ijt} \times E_{ijt} \quad (1)$$

$PI_{jt}$  :  $t$ 년의  $j$  환경문제지수

$P_{ijt}$  :  $t$ 년의  $j$  환경문제에 속한  $i$  오염물질의 오염량(혹은 오염활동량)

$E_{ijt}$  :  $t$ 년의  $j$  환경문제에 속한  $i$  오염물질의 환경영향계수

부문환경지수의 표준화는 각각의 환경문제들을 동일한 척도로 전환하기 위해 필요하다. 이러한 표준화 과정을 통하여 부문환경지수를 가중화하고 나아가 종합환경지수로 통합할 수 있다. 문제지수의 표준화는 다음과 같다.

$$SI_{jt} = \frac{P_{1jt}}{P_{1j0}} \times EW_{1j} + \frac{P_{2jt}}{P_{2j0}} \times EW_{2j} + \cdots + \frac{P_{mjt}}{P_{mj0}} \times EW_{mj}$$

$$= \sum_{i=1}^m \frac{P_{ijt}}{P_{ij0}} \times EW_{ij} \quad (2)$$

$SI_{jt}$  :  $t$ 년의 표준화된  $j$  문제지수

$P_{ij0}$  : 기준연도  $i$  오염물질의 오염량(배출량)

$P_{ijt}$  : 비교연도( $t$ 년)  $i$  오염물질의 오염량(배출량)

$EW_{ij}$  :  $j$  환경문제의  $i$  오염물질에 대한 가중치

종합환경지수는 이처럼 각 환경지표를 부문지수화하는 과정과 산정된 부문지수를 통합하는 단계를 거쳐야 한다. 일반적으로 종합환경지수의 산정모형은 표준화된 부문지수를 가법형태나 승법형태로 합산하여 제시한다. 가법형 중에서 RSP와 RMS는 가중 합에서 과소평가되기 쉬운 심각한 특정 부문지수의 영향력을 확대시켜주는 역할을 한다.<sup>5)</sup> 그러나 이들은 일부 특정 부문지수 값을 지나치게 증대시킴으로써 오히려 문제를 확대해석하는 경향이 있을 수도 있다.

Ott(1978)와 Naito and Nishioka(1984)에서 밝히고 있듯이 가법형 중의 가중합 방법이 특정부문환경지수를 다소 과소평가하는 경향이 있다고 하지만 종합환경지수의 과대평가부문을 축소시켜주는 이점이 있어서 지금까지 가장 널리 사용되어온 방법이다. 따라서 지금까지 종합환경지수를 산정하는 방법들 중 모두가 그 장단점을 갖고 있으므로 가장 많이 사용되고 일반적으로 받아들여지고 있는 가중합 방법에 따른 작성모형을 제시하고자 한다.

산정된 부문지수는 각 부문지수의 가중치를 결합하여 작성된다. 상이한 각 부문지수의 가중치는 Saaty and Kearn(1985, p. 34)과 Varis(1989)가 제시하고 있는 계층분석법에서 두 환경문제별 쌍체비교한 상대적인 값과 행렬의 쌍체비교 합계치를

5) RSP와 RMS는 지수가 선형방법으로 평균되면 상대적으로 큰 값이 낮은 값과 결합될 때 상쇄된다는 문제점을 보완하기 위하여 개발된 것으로 자료의 중심적인 경향과 큰 값을 강조할 때 주로 이용한다.

이용하여 도출될 수 있다. 6) 부문환경지수의 가중치는 다음과 같다.

$$\begin{aligned} W_1 &= \left( \frac{V_1}{V_1} / V_{T1} + \frac{V_1}{V_2} / V_{T2} + \cdots + \frac{V_1}{V_n} / V_{Tn} \right) / n \\ W_2 &= \left( \frac{V_2}{V_1} / V_{T1} + \frac{V_2}{V_2} / V_{T2} + \cdots + \frac{V_2}{V_n} / V_{Tn} \right) / n \\ &\vdots \\ W_n &= \left( \frac{V_n}{V_1} / V_{T1} + \frac{V_n}{V_2} / V_{T2} + \cdots + \frac{V_n}{V_n} / V_{Tn} \right) / n \end{aligned} \quad (3)$$

단,  $W_1 \cdots W_n$  : 각 환경문제의 가중치

$\frac{V_2}{V_1}$  : 환경문제1과 비교한 환경문제2의 쌍체비교값

$V_{T1} \cdots V_{Tn}$  : 각 열의 쌍체비교의 합계치

그러므로 최종적으로 종합환경지수는 표준화된 부문환경지수와 부문지수의 가중치를 다음과 같이 통합하여 도출하게 된다. 즉

$$\begin{aligned} CEI_t &= SI_{1t} \cdot W_{1t} + SI_{2t} \cdot W_{2t} + \cdots SI_{jt} \cdot W_{jt} + \cdots SI_{mt} \cdot W_{mt} \\ &= \sum_{j=1}^m S_{jt} \cdot W_{jt} \end{aligned} \quad (4)$$

단,  $CEI_t$  :  $t$ 년의 종합환경지수

$SI_{jt}$  :  $t$ 년의 표준화된  $j$ 부문환경지수

$W_{jt}$  :  $t$ 년의  $j$ 부문환경지수의 가중치

여기서  $W_{jt}$ 는 표준화된 부문환경지수의 가중치이며  $t$ 년 종합환경지수에 가장 큰 영향을 미치는 지수의 영향력을 의미하는 것으로 각 부문지수가 종합지수를 증대시키는 정도를 말한다. 즉 부문지수가 한 단위 증대할 경우 종합환경지수는  $W_j$ 단위 만큼 증대할 것이다. 따라서 부문환경지수 중에서 그 가중치가 클수록 다른 부문환경지수에 비하여 종합환경지수에 미치는 영향은 그만큼 클 것이다. 따라서 제시된 종합환경지수는 증가형 함수의 일종이다. 특정연도를 기준연도로 간주할 경우 비교

6) 계층분석법이란 복잡한 의사결정문제를 계층적으로 구조화하여 부분적으로 하나씩 단계적으로 접근하여 최종적으로 종합하여 최선의 선택을 하는 과정을 말한다.

연도의 종합환경지수 값이 기준연도보다 증대할 경우 환경이 악화된 것이며 반대로 종합환경지수가 감소할수록 환경은 개선된 것으로 판단하게 된다.

### Ⅲ. 환경지표의 선정과 처리

이 논문에서 사용한 자료는 대부분 정부의 공식통계 또는 추정통계를 사용하였다. 일부 자료는 국가전체의 오염배출에 관한 총량자료로서 측정자료는 아니다. 실증분석에 포함된 환경지표군을 대표적인 기존 연구의 지표군과 비교해서 제시하면 <표 1>과 같다. <표 1>은 기존 연구 중 최근 결과에서 사용한 지표부문과 지표수를 함께 제시한 것이다. Hope *et al.*은 1980년대의 환경매체별 작성방법에 따라서 지표부문은 3개 부문으로 분류하였으나 이후의 연구에서는 문제해결에 초점을 둔 환경문제별 접근을 통하여 구분하고 있다. Adriaanse(1993)는 7개 부문에서 약 17개 지표를 제시하였고 Puolammi *et al.*(1996)은 이를 좀더 세분화시켜서 10개 부문 약 23개 지표를 제시하였다. 본 연구에서는 최근의 두 연구에서 제시한 문제위주의 지표분류에 따라 접근하되, 개별지표는 대내적으로 관련 문헌과 국내 전문가 접촉을 통하여 선정에 필요한 정보를 확보하였다.<sup>7)</sup> 대외적으로는 선진국과 국제기구에서 발간되는 유사 연구의 문헌에서 제시하고 있는 자료를 참조해서 선택했다. 특히, 지구온난화, 오존고갈, 산성화 등의 지표선정과 문제지수 산정은 이미 국제적으로 널리 연구가 되어 핵심적인 원인물질이 확고하게 밝혀져 있으므로 국제적 기준에 따랐다. 그 외 부영양화, 생태독극물, 자원고갈, 광화학스모그, 생물다양성상실 등의 환경문제에 대해서 기존 연구에서 적절한 지표를 언급하고 있다. 이 연구에서 작성할 종합환경지수는 압력지표를 통합한 압력종합지수가 될 것이다.

선정된 지표는 해당 환경문제를 일으키는 핵심지표 위주로 선택하되 현재 이용가능성의 제약 속에서 선별하였다.<sup>8)</sup> 환경지표의 필요조건은 환경문제에 대한 모든

7) Jesinghaus(1995a, 1995b, 1997)와 Thomas(1997) 등도 환경문제와 환경을 구성하는 환경지표를 열거하고 있다.

8) Hope and Parker(1995)는 환경문제의 우선순위나 환경문제에 관한 과학적 신뢰성보다는 현실여건이 더 중요하므로 자료비교성과 이용가능성 여부에 따라 지표를 선정하였다. Adriaanse(1993)는 환경문제를 설명하는 핵심지표의 충족성과 자료수집 처리의 단순화를 기준으로 절충하여 환경지표를 선정하였다.



〈표 1〉 환경지표의 구성

Hope <i>et al.</i> (1992, 1995)	Adriaanse (1993)	Puolammi <i>et al.</i> (1996)	본 연구
3개 부문 15개 지표	7개 부문 17개 지표	10개 부문 23개 지표	9개 부문 37개 지표
1. 대기 NOx, SO <sub>2</sub> , CO <sub>2</sub> , 오존, 분진	1. 지구온난화 CO <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> , N <sub>2</sub> O 2. 오존층고갈 CFCs, 하론	1. 지구온난화 CO <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> , N <sub>2</sub> O 2. 오존층고갈 CFCs, 하론	1. 지구온난화 CO <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> 2. 오존층고갈 CFC <sub>11</sub> , CFC <sub>12</sub> , CFC <sub>13</sub> , CFC <sub>114</sub> , CFC <sub>115</sub> , 하론 <sub>1211</sub> , 하론 <sub>1301</sub> , 111-TCE
2. 수질 강수질, 호수수질, 석유유출, 비료소비, 살충제소비	3. 산성화 NOx, SO <sub>2</sub> , NH <sub>3</sub> 4. 부영양화 NOx, P, N, BOD	3. 산성화 NOx, SO <sub>2</sub> , NH <sub>3</sub> 4. 부영양화 NOx, P, N, BOD	3. 산성화 NOx, SO <sub>2</sub> 4. 부영양화 NOx, 비료, 페수배출량
3. 토지 인구, 순전입인구, 관광객, 교통, 폐기물	5. 독극물배출 살충제, 유독물, 방사성물질 6. 고체폐기물 고체폐기물 7. 지역환경 냄새, 소음	5. 독극물배출 중금속, 살충제, 솔벤트 6. 광화학스모그 VOC, NOx 7. 자원고갈 자연자원, 폐기물	5. 독극물배출 As, Cr, Ni, Pb, Cd, Hg, Zn, 농약, 특정폐기물, 유독물 6. 자원고갈 지하수, 에너지, 산림벌채, 어획고 7. 광화학스모그 HC, NOx
		8. 생물다양성상실 토지사용, 기타	8. 생물다양성상실 토지이용, 독극물
		9. 소음 소음	9. 소음진동 소음, 진동, 교통량, 항공기운항, 악취
		10. 방사능오염 방사능배출	

지표가 아니라 실제 발생하는 환경문제에 대한 분명하고 즉각적인 현상을 보여줄 수 있는 지표여야 한다. 이러한 제약 때문에 지표는 그 대표성이 유지될 수 있어야 하며 제외된 지표 때문에 부정확해서는 안된다.<sup>9)</sup> 여기서는 총 37개 지표가 사용되었으며 그 중 생태독극물 10개, 오존고갈 8개 등으로 가장 많은 지표가 포함되었다.<sup>10)</sup>

다만 현재 환경문제별로 우리나라에서 작성되지 않는 지표는 대체변수를 사용하였고 이것이 불가능한 경우는 그 지표를 제외할 수밖에 없었다. 제외된 지표로는 지구온난화의  $N_2O$  배출량, 산성화의  $NH_3$  배출량, 부영양화의 P, N, BOD발생량, 자원고갈의 광산물고갈, 광화학스모그의 VOC 등이다. 부영양화의 P나 N은 총비료사용량으로, BOD발생량은 폐수발생량으로 대체하였다.

대표적인 추정자료는 중금속배출량에 관한 자료이다. 여기서 추정된 중금속배출량은 자료의 제약으로 석유와 석탄 등 에너지 사용량을 이용하여 도출된 추정량이다.<sup>11)</sup> 또한 자원고갈문제의 산림자원고갈은 벌목량을 임목축적량으로 나눈 산림벌목률을 산림고갈률로 사용하였으며 소음·진동문제의 교통량 또한 도로면적당 교통량 변화추이를 지표로 사용하여 가급적 환경문제 발생에 부합되는 지표가 되도록 변형하였다. 또한 생물다양성 상실문제에서 토지이용량은 생물의 서식지 감소를 포괄적으로 내포하고 있는 농지와 산림지 면적의 합계를 기초로 이용하였다.

선정된 대부분 환경지표의 작성연도는 우리가 환경오염에 관심을 갖게 된 1980년 이후에 작성된 것으로 나타나고 있다. 그 중 오존고갈문제에 대한 CFC와 하론의 경우는 1986년부터 소비량이 집계되고 있어서 이러한 제약에 따라 1986년부터 산정할 것이다. 작성주기 또한 연별로만 작성되고 있어 연도별 지수 산정에 국한할 수밖에 없었다.

9) Adriaanse(1993)는 환경문제를 발생시키는 원인물질의 전체영향 중 적어도 80% 이상이 설명될 수 있는 지표가 포함되면 그 지표 선정은 만족스럽다고 보고 있다.

10) 중금속의 7개 물질에 대한 중금속지수를 작성한 이후 이를 생태독극물지수 작성에 이용하게 된다.

11) 추정방법은 EPA나 선진국에서 널리 알려진 에너지 종류별 중금속 배출 계수를 이용하여 산정하였다.

## IV. 환경문제별 가중치 산정

### 1. 표본의 구성과 처리

환경문제에 대한 환경전문가의 견해는 이해집단과 지역에 따라서 상이할 것으로 판단하여 Jesinghaus(1994, 1997a)가 시도한 방법과 유사하게 설문조사의 목적에 맞게 환경전문가를 6개 직업그룹 즉, 환경공무원, 공공연구소 연구원, 환경분야 교수, 민간환경단체, 환경전문기자, 민간연구소(기업 포함) 연구원 등의 직업에 종사하는 환경전문가를 모집단으로 규정하고 이를 또다시 서울과 5대 도시에 대하여 지역별로 층화시켰다.<sup>12)</sup> 표본추출은 우선 국내에 존재하는 6개 직업의 목표기관들을 각각 구분하고 이들 기관 중에서 우리나라 환경에 대한 대표성을 띌 수 있다고 판단되는 56개 기관을 선정하였다. 그 다음 선정된 기관들에 대한 각각의 표본수를 직업과 지역에 따라 200명을 층화임의추출하였다.<sup>13)</sup> 즉, 1차적으로 직업별로 표본수를 비례배분하고 그 다음 기관의 지역별 분포비중(서울 65% : 지방 35%)을 감안하여 추출하였다. 6개 그룹의 표본분포는 환경공무원 40명, 공공연구소 30명, 교수 40명, 민간환경단체 30명, 환경전문기자 30명, 민간연구소(기업포함) 30명이고 서울과 지방의 표본 분포는 각각 130명과 70명이다. 환경공무원과 교수그룹은 여타그룹에 비하여 추정되는 모집단의 수가 30~40% 많아서 10명씩 추가배분했고 환경전문기자그룹은 표본수가 떨어질 경우 신뢰성을 떨어뜨릴 수 있으므로 거의 모집단수에 가까운 30명을 그대로 유지시켰다.

전문가 설문조사는 1997년 9월 1~9일간에 걸쳐서 이루어졌다.<sup>14)</sup> 총 200명 중 응답한 전문가는 189명이었으나 9개 환경문제의 우선순위를 묻는 문항과 두 환경문제를 비교하는 쌍체비교에서 이행성의 공리를 위배하여 일관성을 상실한 응답자들은 본 설문조사의 집계에서 제외하였다.<sup>15)</sup> 따라서 회수된 조사표 189개 중 이러한

12) 지방의 5대 도시는 부산, 대구, 광주, 대전, 전주임.

13) 해당 분야의 환경전문가는 보통 많지 않으므로 선행 연구에서의 전문가조사의 표본수는 30명과 50명을 대상으로 한 것이 있다. 56개 기관의 명단과 각 기관별 표본수에 대한 요청이 있을 경우 이에 기꺼이 응할 것임.

14) 강상목, 『종합환경지수와 한국의 환경정책분석』(발간예정)에서 1998년 전문가와 일반인조사를 각각 실시한 결과는 거의 유사하였음.

15) 일관성을 상실한 설문지를 사용할 경우 계층분석법에서 일치성 비율(CR)을 높여서 응답의 신

조사표 49개를 제외한 총 140개 조사표(평균이용률 70%)를 결과 산정에 이용하였다. 설문조사는 설문조사자에 의한 대인 면접을 원칙으로 하였으며 설문에 가급적 영향을 주지 않기 위해 구체적 내용에 관한 질문은 받지 않았다. 다만 응답자의 이해를 돕기 위해 환경문제의 정의를 문항 앞에 제시하였다. 응답과정에서 이전의 평가문항으로 되돌아가서 수정하는 것은 허용이 되었다.

설문의 주된 내용은 환경문제별 상대적 심각도를 비교한 것으로서 문항은 응답자가 서로 다른 두 환경문제의 심각성을 비교 평가하도록 구성하였다. 즉, 응답자는 9개 환경문제를 두 문제로 각각 분리해서 답변하고 두 환경문제간 심각한 정도를 1, 3, 5, 7, 9점의 척도를 평가하게 하였다.<sup>16)</sup>

회수된 설문조사표는 Saaty(1980)의 방법대로 매트릭스 형태로 구성된 횡단도면 위에 각 문제별 상대적 심각성을 응답자의 평균값을 구하여 제시하였다. 결과 산정은 주관적 관심도 연구에서 일반적으로 사용되는 계층분석법을 이용하였고 이를 통하여 응답의 일치성 여부를 확인하였다.

## 2. 계층분석법을 적용한 가중치 산정

환경전문가집단의 9개 환경문제에 대한 각각의 표준화된 가중치와 최대고유치( $\lambda_{max}$ ), 일치성지수(consistency index: CI), 일치성비율(consistency ratio: CR)을 도출하면 <표 2>, <그림 1>과 같다. 우리나라 환경전문가 집단의 9개 환경 문제에 대한 가중치는 지구온난화 0.21, 자원고갈 0.17, 오존층고갈 0.15, 생물다양성상실 0.12의 순서로 높았고 소음·진동 0.03, 독극물 0.07로 상대적으로 낮게 집계되었다. 전문가에 따라서는 공간규모에 따라 지구적이고 국제적인 환경문제를 심각하게 받아들이고 있는 사람도 많았으나 국지적이고 지역적인 환경문제가 더 심각한 것으로 간주하는 응답자도 다소 있었다. 특히 우리나라와 같이 자원고갈의 부족이 심각한 처지에서 전문가집단은 지구온난화 다음으로 자원고갈을 심각하게 받아들이고 있었다.

되성을 떨어뜨린다.

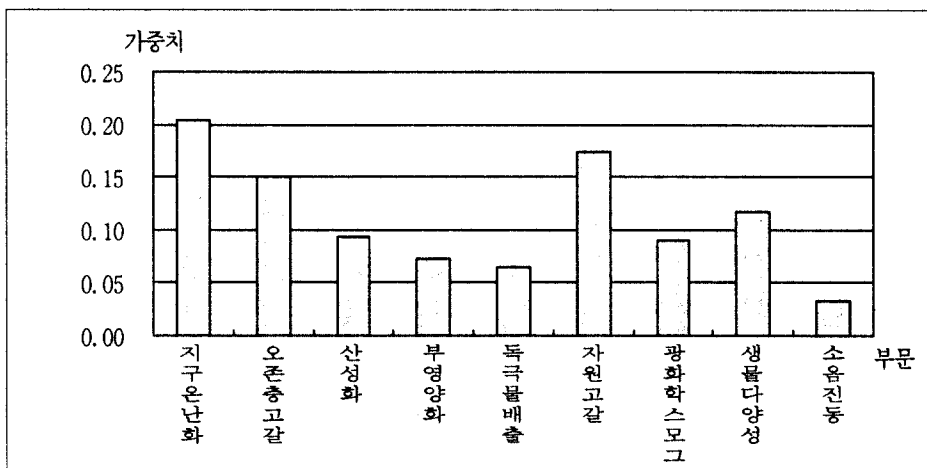
16) 5단계 척도 점수(1은 두 환경문제가 동일하게 심각, 9는 9배 심각)를 준 것은 환경문제간의 심각도를 뚜렷하게 차별화하기 위함이다. 이는 계층분석법의 일반화된 방법이다.

한편 본 조사의 응답일관성을 보여줄 일치성 비율을 구한 결과,  $C.R. = 0.0125 / 1.45 = 0.0086$ 이었다. 일치성 비율이 10% 이하이면 신뢰성있는 응답이라고 볼 때 이는 아주 양호한 조사결과이다.

〈표 2〉 전문가집단에 의한 쌍체비교값 및 가중치

환경문제	지구 온난화	오존층 고갈	산성화	부영 양화	독극물 배출	자원 고갈	광화학 스모그	생물 다양성	소음 진동	가중치	가중 벡터
지구온난화	1	1.78	2.58	2.59	2.75	1.37	2.24	1.79	4.20	0.20	1.85
오존층고갈	0.56	1	1.97	2.27	2.38	0.83	2.09	1.25	3.89	0.15	1.36
산성화	0.39	0.51	1	1.62	1.54	0.45	1.13	0.79	3.13	0.09	0.83
부영양화	0.39	0.44	0.62	1	1.26	0.40	0.72	0.61	2.84	0.07	0.65
독극물배출	0.36	0.42	0.65	0.79	1	0.36	0.64	0.51	2.69	0.07	0.58
자원고갈	0.73	1.20	2.20	2.51	2.82	1	2.21	1.52	4.06	0.17	1.57
광화학스모그	0.45	0.48	0.88	1.38	1.56	0.45	1	0.72	3.38	0.09	0.80
생물다양성	0.56	0.80	1.27	1.65	1.97	0.66	1.39	1	3.30	0.12	1.06
소음진동	0.24	0.26	0.32	0.35	0.37	0.25	0.30	0.30	1	0.03	0.30
	람다 = 9.10			C. I. = 0.012			C. R. = 0.009				

〈그림 1〉 9개 환경문제별 표준화 가중치



## V. 종합환경지수의 산정

### 1. 부문환경지수 산정 결과분석

부문환경지수를 구성하는 각각의 환경지표의 가중치는 <표 3>과 같다. 지구온난화, 오존층고갈, 산성화문제의 가중치는 국제적으로 인정된 환경영향계수를 환산하여 구하였으며 부영양화이후 나머지 환경문제에 대해서는 전문가집단에 의존하여서 도출한 것이다. 부영양화문제에서는 비료사용량, 폐수배출량, NOx의 순서로 심각한 오염을 일으키는 것으로 나타났고 생태독극물문제에 대해서는 중금속과 특정폐기물이 농약과 유독물보다는 약간 더 영향을 주는 것으로 집계되었다. 자원고갈문제에서는 에너지, 지하수, 산림, 어획고의 순서로 심각한 고갈문제로 드러났다. 광화학스모그문제에서는 탄화수소보다는 NOx가 더 심각한 영향을 주는 것으로 간주되고 있으며 생물다양성상실문제에 있어서는 독극물 배출보다는 토지이용이 더 심각한 영향을 주는 것으로 집계되었다. 특히, 7개의 중금속 배출문제에 있어서는 수은, 납과 카드뮴의 심각성이 여타 중금속보다 큰 것으로 나타났고 니켈과 아연은 상대적으로 심각하지 않은 것으로 조사되었다.

이와 같은 기초 환경지표의 값과 가중치를 결합하여 부문환경지수를 구하면 <표 4>와 같다. 이 부문지수는 1990년을 100으로 두고 1986년부터 1995년까지 연도별로 상대적인 부문지수를 도출한 것이다. 오존층고갈, 산성화, 광화학스모그 지수를 제외한 나머지 6개 지수는 1986년 이후 지속적으로 악화된 것으로 나타나고 있다. 오존층고갈지수는 가장 불규칙적으로 변하고 있다. 1986년부터 1991년까지는 오존고갈물질에 대한 규제가 없음으로 인하여 증대했으나 우리나라가 몬트리올 의정서 가입과 함께 오존층 고갈 물질에 대한 적극적인 감소 정책과 함께 대체물질 개발과 사용에 노력함으로써 최근에 1986년 수준에 가깝게 떨어졌다. 산성화지수는 1980년대 후반부터 큰 악화 없이 보합 추세를 보여주고 있다. 특히 1995년도에는 감소 추세로 돌아섰다. 산성화지수 감소는 SO<sub>2</sub>와 NOx의 안정 내지 감소에 기인하는 것으로 1995년도는 1994년보다 이들 오염물질이 크게 감소했기 때문이다. 이러한 현상은 광화학스모그도 동일하게 적용된다. 광화학스모그의 주요 오염물질인 탄화수소가 1990년대 들어서 지속적으로 감소하고 부분적으로 NOx도 감소하고 있기 때문에 광화학스모그지수는 안정 또는 감소 추세를 보여주고 있는 것이다.

〈표 3〉 환경지표의 가중치 산정 결과

환경지표	가중치	환경지표	가중치
지구온난화 합계	1	· 납	0.05
· CO <sub>2</sub>	0.08	· 카드뮴	0.05
· 메탄	0.92	· 수은	0.05
오존고갈 합계	1	· 아연	0.02
· CFC <sub>11</sub>	0.06	· 농약	0.23
· CFC <sub>12</sub>	0.06	· 특정폐기물	0.26
· CFC <sub>13</sub>	0.06	· 유독물	0.23
· CFC <sub>114, 115</sub>	0.06	자원고갈 합계	1
· 하론 <sub>1211</sub>	0.17	· 지하수	0.27
· 하론 <sub>1301</sub>	0.56	· 에너지	0.35
· 111-TCE	0.01	· 어획고	0.15
산성화 합계	1	· 산림고갈	0.23
· SO <sub>2</sub>	0.59	광화학스모그 합계	1
· NO <sub>x</sub>	0.41	· HC	0.44
부영양화 합계	1	· NO <sub>x</sub>	0.56
· NO <sub>x</sub>	0.28	생물다양성상실 합계	1
· 비료사용량	0.40	· 토지 이용	0.63
· 폐수배출량	0.32	· 독극물	0.37
생태독극물 합계	1	소음·진동·악취 합계	1
· 중금속	0.27	· 소음·진동	0.26
· 비소	0.04	· 악취	0.36
· 크롬	0.04	· 교통량	0.17
· 니켈	0.02	· 항공운항	0.22

〈표 4〉 연도별 부문환경지수의 산정 결과 (1990=100)

연 도	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995
환경문제										
지구온난화	74.25	77.80	86.44	90.75	100	109.31	113.52	124.69	131.95	141.53
오존층고갈	54.93	88.69	89.86	141.15	100	170.79	140.03	69.02	67.41	68.58
산성화	79.16	72.01	92.35	98.77	100	97.94	104.50	106.36	107.89	103.54
부영양화	79.49	83.04	90.01	97.08	100	91.22	103.85	109.11	111.61	114.36
독극물	80.36	83.32	91.47	95.19	100	122.74	126.46	133.18	149.09	155.46
자원고갈	82.81	83.33	90.14	96.76	100	98.66	106.32	113.15	123.11	133.54
광화학스모그	76.36	82.87	97.03	105.87	100	92.92	97.17	100.64	101.14	99.58
생물다양성	91.84	92.95	96.13	97.78	100	108.94	110.83	113.71	120.20	123.80
소음진동악취	61.65	66.40	73.99	84.73	100	109.97	120.97	127.86	118.09	130.41

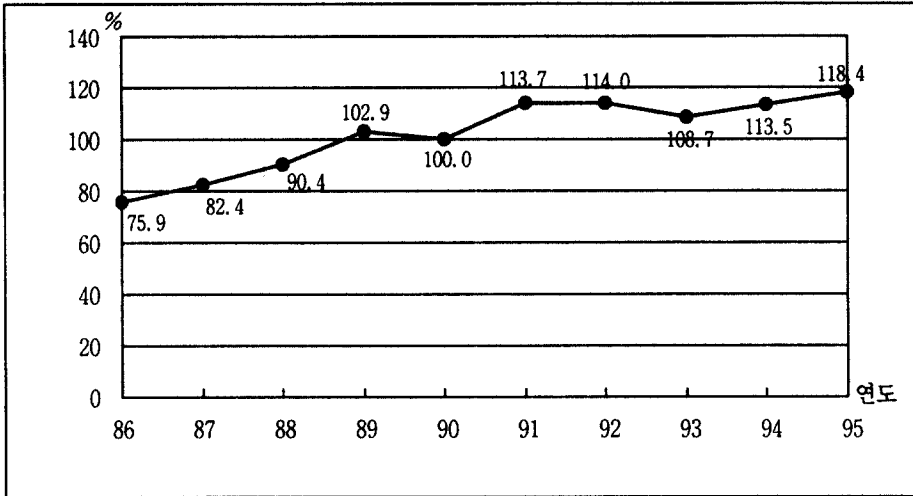
## 2. 종합환경지수의 산정결과 분석

종합환경지수를 산정하는 일반적인 방법은 가법형, 승법형, 최대·최소형이 있다. 그 중에서 본 연구에서는 지금까지 가장 널리 사용되어온 가법형을 적용하여 종합환경지수를 도출하였다. 가법형 중에서도 가중합 형태가 특정 부문지수를 과소 평가할 수 있다는 약점이 있지만 기존 선행연구에서 가장 일반적으로 사용되어 왔다는 점에서 이를 적용하였다. 연도별 부문별 지수와 전체가중치를 결합하여 산정한 종합환경지수는 〈그림 2〉와 같다.

기준연도 1990년을 100으로 둘 때 연도별 종합지수는 1986년의 75.9%에서 1995년 118.4%에 걸쳐 있다. 1986~95년간 연평균 종합환경지수는 연평균 5.3% 정도 상승한 것으로 나타났다. 따라서 종합환경지수의 전체적인 추이는 이 기간에 조금씩 악화되는 추이를 보여주고 있다. 특히 1986년부터 1989년까지 환경악화 추이는 연평균 10.7%에 이를 정도로 급속히 악화되었다. 1990년대 초반 악화추이가 1990년, 1993년에 개선되기도 하였지만 이 기간의 전반적인 추이는 조금씩 악화되고 있음을 보여준다. 1993년부터는 또다시 일정한 증가율로 악화되는 현상이 나타나고 있다. 특히 1990년과 1993년에 종합지수가 개선된 것은 1980년대 말에 크게 높았던 오존층고갈지수가 하락하면서 주도한 것이다. 그 외 부문지수들은 일정률로 계속 악화되는 추이를 보여주었다.



〈그림 2〉 종합환경지수의 추이



1980년대 후반 종합환경지수의 악화를 주도한 것은 오존층고갈, 산성화, 부영양화, 광화학스모그, 소음·진동·악취지수 등의 악화에 따른 것이었으나 1993년 이후 종합지수의 점진적 악화의 원인은 생태독극물, 지구온난화, 자원고갈, 생물다양성상실지수가 상대적으로 더 악화되고 있기 때문이다. 그러므로 종합환경지수의 10년간 연도별 추이를 놓고 볼 때 판단하기는 너무 짧은 기간이지만 우리나라가 전통적으로 심각하게 받아들였던 산성화, 부영양화, 광화학스모그 등 수질, 대기의 일반적 오염문제보다 최근에는 생태독극물, 지구온난화, 자원고갈, 생물다양성 상실과 같은 환경문제가 더 심각해져 가고 있음을 반영한 것이라 볼 수 있다. 이러한 현상은 그동안 우리나라가 수질오염, 대기오염과 같은 전통적인 환경문제에 대해서는 시간이 흐르면서 이를 개선하기 위한 노력을 기울인 결과로 보인다. 반면, 새롭게 대두되고 있는 지구온난화, 생태독극물, 자원고갈, 생물다양성상실 등의 환경문제에 대해서는 적극적으로 대응하지 못하고 있음을 시사한다고 볼 수 있다. 따라서 향후 우리나라가 중점적으로 관심을 갖고 개선해 나가야 할 환경문제는 이러한 환경문제일 것이다.

## VI. 결 론

환경지수는 우리가 지속가능한 개발로 나아가기 위하여 계획을 수립하고 그 결과를 확인하는 데 중요한 수단으로 환경정책을 수립·집행하고 그 성과를 확인할 수 있다. 또한 환경상태 전반의 추이를 보여주고 환경정책을 경제정책과 연계시켜주는 등 정책결정자의 의사결정을 돕고 이용자에게 유용한 수단이 된다. 지금까지 환경자료는 공공을 위한 정보제공 차원보다는 규제당국의 기록 유지나 법규 준수를 위하여 축적되어 왔다고 해도 과언이 아니다. 특히, 일반 국민 입장에서 지수의 작성은 알기 쉽고 이해하기 편리한 정보제공 수단으로 그 무엇보다도 선호되고 있다.

이처럼 종합환경정보의 중요성에도 불구하고 우리나라에서는 그 연구가 미미하고 특히 종합환경지수에 대한 연구가 없었다. 따라서 본 연구에서는 종합환경지수에 대한 연구를 시도해 보았다. 현재 우리나라의 환경정책은 환경을 자연, 대기, 수질, 토양, 폐기물, 해양환경 등 오염매체별로 구분하여 환경관리를 수행하고 있다. 그런데 이와 같은 오염매체별 접근방식으로는 다양화되고 복잡해지는 많은 환경문제를 효과적으로 대응하기 어렵다. 여기서 제시한 환경문제별 접근방식은 특히 경제활동을 해당 환경문제의 발생오염물과 연계시켜 줄 수 있다는 점과 발생하는 환경문제의 해결을 위한 수단과 방법을 구체적으로 강구할 수 있다는 점에서 더욱 효과적이다. 이러한 환경문제별 접근방식에서 볼 때 우리나라의 심각한 환경문제의 유형은 시기에 따라 변화하고 있다. 1980년대 후반에 심각한 환경문제는 산성화, 부영양화, 광화학스모그 등이었으나 1990년대에 이르러서 이러한 환경문제의 심각성은 줄어들고 오히려 지구온난화, 생물다양성상실, 자원고갈, 생태독극물배출 문제 등이 전체 환경악화를 주도해 오고 있음을 확인할 수 있었다. 이는 우리나라의 환경정책이 이와 같은 환경문제의 방지에 상대적으로 보다 노력해야 한다는 것을 시사하는 것이다. 이처럼 종합환경지수는 환경문제의 효과적 해결과 정보제공을 비롯하여 다양한 목적과 용도로 활용될 수 있다.

그러나 이 연구에서 제시한 종합환경지수는 PSR(Press State Response) 체계상에서 볼 때 압력지수에 속한다. 상태와 반응지수는 자료제약 등으로 작성하지 못하였다. 앞으로 발전된 환경지수의 산정을 위하여 기초통계와 오염배출량 추정 모델의 개발이나, 환경압력의 영향경로, 지수의 통합방법 등이 병행해서 발전되어야 할 것이다.

■ 參考文獻

1. 강상목, "환경자원계정을 위한 환경지표·지수와 통계발전 방향", 『Green GNP와 산림자원 계정』, 임업연구원, 1997a.
2. —, 『우리나라 환경지표 체계개발에 관한 연구』, 통계연수원, 1997b.
3. —, 『우리나라 환경지수 작성에 관한 연구』, 통계연수원·국립환경연구원, 1997c.
4. Adriaanse, A., *Environmental Policy Performance Indicators*, Netherlands, 1993. 4.
5. Hope, C. and J. Parker, "Environmental Indices for France, Italy and The UK", *European Environment*, Vol. 5, 1995, pp. 13~19.
6. Hope, C., J. Parker, and S. Peake, "A Pilot Environmental Index for the United Kingdom in the 1980s", *Energy Policy*, 1992. 4.
7. Inhaber, H., "Environmental Quality: Outline for a National Index for Canada", *Science*, 1974, pp. 798~805.
8. Jesinghaus, J., "What is Extasy? A Short Answer", *Eurostat*, 1994. 6.
9. —, "Green Accounting & Environmental Indicators: The Pressure Indices Project", *Eurostat*, 1995a. 11.
10. —, "The Pressure Indices Project: Theory and Structure", *Eurostat*, 1995b. 12.
11. —, "Second Survey Among the Scientific Advisory Groups", *Eurostat*, 1997a.
12. —, "Pressure Indicators and Indices: Internal Working Document", *Eurostat*, 1997b. 8.
13. Naito, M. and S. Nishioka, *Environmental Indices: Basic Notion and Formation*, The National Institute for Environmental Studies(NIES), 1984.
14. NWF, "23rd Environmental Quality Index(for 1990)", *National Wildlife*, 1991, pp. 33~40.
15. Ott, W. R., *Environment Indices: Theory and Practice*, Ann Arbor Science Press, 1978, pp. 324~325.
16. Parker, J., *Environmental Reporting and Environmental Indices*, Ph.D dissertation, the University of Cambridge, U.K., 1991.
17. Puolamäa, M., M. Kaplas, and T. Reinikainen, *Index of Environmental Friendliness: A Methodological Study*, Statistics Finland, 1996.
18. Saaty, T. L., *Analytical Hierarchy Process: Planning, Priority Setting, Resource Allocation*, New York: McGraw-Hill, 1980.
19. Saaty, T. L. and K. P. Kearns, *Analytical Planning*, RWS Publication, 1985.
20. Saaty, T. L. and L. G. Vargass, *The Logic of Priorities*, RWS Publication, 1991.
21. Swedish EPA, "A Swedish System of Environmental Indices", Sweden, 1993. 5.
22. Thomas, J., "The Environmental Pressure Information System(EPIS) and its Connection with the Sectoral Infrastructure Projects(SIPS)", *Eurostat*, 1997.
23. U. S. EPA, "Literature Review of Environmental Indices", Washington, D. C., 1997. 6.
24. Varis, O., "The Analysis of Preferences in Complex Environmental Judgements: A Focus on the Analytic Hierarchy Process", *Journal of Environmental Management*, Vol. 28, 1989.

## 〈부록〉 전문가 설문조사표

## 1. 환경지표(환경문제의 구성인자)의 중요도 조사

아래에 지구온난화 등 여러 환경문제를 발생시키는 주요환경지표(오염인자)를 제시 하였습니다. 각 오염인자들이 해당환경문제에 미치는 심각성의 정도를 표시해 주시기 바랍니다. 심각성 정도는 전혀 심각하지 않은 수준 0, 가장 심각한 수준을 100으로 둘 때 각 지표의 심각성 정도를 0과 100사이의 값으로 표시해주시기 바랍니다. 환경문제 의 심각성이란 환경위험의 정도를 말합니다.

〈예 시〉 부영양화: NOx ( 15 ), 비료사용량 ( 93 ), 폐수배출량 ( 70 )

1. 지구온난화 문제	수 준	2. 부영양화 문제	수 준
이산화탄소(일산화탄소)	( )	질소산화물배출량(NOx)	( )
메탄	( )	비료사용량(P, N)	( )
염화불화탄소(CFCs)	( )	폐수배출량(BOD 발생량)	( )
3-1. 독극물 배출 문제	수 준	3-2. 중금속 배출 문제	수 준
중금속	( )	비소(As)	( )
농약	( )	크롬(Cr)	( )
특정폐기물(폐산, 폐유, ...)	( )	니켈(Ni)	( )
유독물 사용량(1,3-디클로로프로펜, 질산탈륨, ...)	( )	납(Pb)	( )
		카드뮴(Cd)	( )
		수은(Hg)	( )
		아연(Zn)	( )
4. 자원고갈 문제	수 준	5. 광화학스모그(photo-oxidation) 문제	수 준
지하수 이용량	( )	탄화수소(HC)	( )
에너지 사용량	( )	질소산화물배출량(NOx)	( )
어획고	( )		
산림자원	( )		
6. 생물다양성 상실 문제	수 준	7. 소음·진동·악취문제	수 준
토지이용량(서식지 감소)	( )	소음·진동 업소수	( )
생태독극물	( )	교통량	( )
		항공기운항	( )
		악취업소수	( )

## 2. 환경문제의 심각도 비교

두 환경문제를 1 대 1로 비교하여 상대적 심각 정도에 ○표 하여 주십시오. 심각 정도(1, 3, 5, 7, 9)는 아래 제시된 <표>를 이용해 주십시오.

<표> 비교의 척도

척 도	내 용
1	A와 B의 <u>심각도가 같다</u> (equally serious)
3	A가 B보다 <u>약간 더 심각하다</u> (weakly more serious)
5	A가 B보다 <u>꽤 더 심각하다</u> (strongly more serious)
7	A가 B보다 <u>상당히 심각하다</u> (very strongly serious)
9	A가 B보다 <u>절대적으로 심각하다</u> (absolutely more serious)

<예 시>

지구온난화(A) > 자원고갈(B) 이고, 꽤 더 심각하다고 생각할 경우

지구온난화	9,	7,	⑤,	3	1	3,	5,	7,	9	자원고갈
-------	----	----	----	---	---	----	----	----	---	------

지구온난화	9,	7,	5,	3	1	3,	5,	7,	9	오존고갈
"	9,	7,	5,	3	1	3,	5,	7,	9	산성화
"	9,	7,	5,	3	1	3,	5,	7,	9	부영양화
"	9,	7,	5,	3	1	3,	5,	7,	9	독극물배출
"	9,	7,	5,	3	1	3,	5,	7,	9	자원고갈
"	9,	7,	5,	3	1	3,	5,	7,	9	광화학스모그
"	9,	7,	5,	3	1	3,	5,	7,	9	생물다양성상실
"	9,	7,	5,	3	1	3,	5,	7,	9	소음·진동·악취

오존고갈	9,	7,	5,	3	1	3,	5,	7,	9	산성화
"	9,	7,	5,	3	1	3,	5,	7,	9	부영양화
"	9,	7,	5,	3	1	3,	5,	7,	9	독극물배출
"	9,	7,	5,	3	1	3,	5,	7,	9	자원고갈
"	9,	7,	5,	3	1	3,	5,	7,	9	광화학스모그
"	9,	7,	5,	3	1	3,	5,	7,	9	생물다양성상실
"	9,	7,	5,	3	1	3,	5,	7,	9	소음·진동·악취

산성화	9,	7,	5,	3	1	3,	5,	7,	9	부영양화
"	9,	7,	5,	3	1	3,	5,	7,	9	독극물배출
"	9,	7,	5,	3	1	3,	5,	7,	9	자원고갈
"	9,	7,	5,	3	1	3,	5,	7,	9	광화학스모그
"	9,	7,	5,	3	1	3,	5,	7,	9	생물다양성상실
"	9,	7,	5,	3	1	3,	5,	7,	9	소음·진동·악취

부영양화	9,	7,	5,	3	1	3,	5,	7,	9	독극물배출
"	9,	7,	5,	3	1	3,	5,	7,	9	자원고갈
"	9,	7,	5,	3	1	3,	5,	7,	9	광화학스모그
"	9,	7,	5,	3	1	3,	5,	7,	9	생물다양성상실
"	9,	7,	5,	3	1	3,	5,	7,	9	소음·진동·악취

독극물배출	9,	7,	5,	3	1	3,	5,	7,	9	자원고갈
"	9,	7,	5,	3	1	3,	5,	7,	9	광화학스모그
"	9,	7,	5,	3	1	3,	5,	7,	9	생물다양성상실
"	9,	7,	5,	3	1	3,	5,	7,	9	소음·진동·악취

자원고갈	9,	7,	5,	3	1	3,	5,	7,	9	광화학스모그
"	9,	7,	5,	3	1	3,	5,	7,	9	생물다양성상실
"	9,	7,	5,	3	1	3,	5,	7,	9	소음·진동·악취

광화학스모그	9,	7,	5,	3	1	3,	5,	7,	9	생물다양성상실
"	9,	7,	5,	3	1	3,	5,	7,	9	소음·진동·악취

생물다양성상실	9,	7,	5,	3	1	3,	5,	7,	9	소음·진동·악취
---------	----	----	----	---	---	----	----	----	---	----------