

실험선택법과 대안 평가지수를 이용한 대안의 편익산정

Evaluation of Alternative Benefit Using Choice Experiment Method and Alternative Evaluation Index

정은성* / 공기서** / 이길성*** / 유진채****
Chung, Eun-Sung / Kong, Ki-Seo / Lee, Kil Seong / Yoo, Jin-Chae

Abstract

Cost-benefit analysis was conducted to propose the best alternatives for integrated watershed management. Benefits of all alternatives were estimated combining results of choice experiment method with alternative evaluation index (AEI). Choice experiment which is a kind of stated preference techniques was applied to six regions since the Anyangcheon watershed was divided into six according to spatial characteristics and conditions (potential hazard and location). Alternative of $NB > 0$ must be considerable since they are economically and technically feasible.

keywords : Integrated watershed management, Cost-benefit analysis, Choice experiments method, Alternative evaluation index, Anyangcheon

요 지

본 연구는 안양천 유역의 물순환 건진화를 위한 최종 대안을 제시하기 위해 비용효과분석을 수행하였다. 이중 편익산정은 진출선택법 중 하나인 실험선택법(Choice Experiments, CE)과 대안의 평가지수(Alternative Evaluation Index, AEI)를 결합하여 수행하였다. 실험선택법은 지역별로 다양한 속성을 보이는 안양천 유역을 잠재적 위험도와 지리적 특성을 바탕으로 6개 지역으로 나누어 설문과 분석을 수행하였다. $NB > 0$ 이상인 대안들은 공학적, 경제적으로 매우 우수한 대안이므로 실행을 적극 검토할 필요가 있다.

핵심용어 : 유역통합관리, 비용효과분석, 실험선택법, 대안의 평가지수, 안양천

1. 서 론

최근 도시하천의 경우 도시화에 따른 불투수 면적

및 취수량의 증가, 기후변화, 하천개발 등의 영향으로 기존의 정상적인 유역의 물순환 체계가 파괴되어 지하수위는 낮아지고 하천 유량이 감소되어 하천이 정상적

* 서울대학교 공학연구소 선임연구원
Researcher, Engineering Research Institute, Seoul National Univ., Seoul 151-742, Korea
(e-mail: cool77@snu.ac.kr)
** 충북대학교 농업과학기술연구소 특별연구원
Researcher, Agricultural & Science Technology Research Institute, Chungbuk National Univ., Cheongju 361-763, Korea
(e-mail: kskong@chungbuk.ac.kr)
*** 서울대학교 공과대학 건설환경공학부 교수
Professor, Dept. of Civil & Environmental Engrg., Seoul National Univ., Seoul 151-744, Korea
(e-mail: kilselee@snu.ac.kr)
**** 충북대학교 농업경제학과 교수
Professor, Dept. Agricultural Economics, Agriculture & Environment, Chungbuk National Univ., Cheongju 361-763, Korea
(e-mail: jcyoo@chungbuk.ac.kr)

인 기능을 하지 못하고 있다. 심지어 일부 하천들은 도시민들이 쏟아내는 하수를 차집하기 위한 공간으로 전락하기도 하였다. 이로 인해 도시하천 주변 공간은 동물 및 식물들이 정상적으로 성장하기 어렵고 생태계는 다양성이 부족한 실정이다.

향후 하천 및 유역의 무분별한 난개발을 막고 이를 관리를 하기 위해서는 하천 및 유역의 건강한 환경에 대한 가치를 정량적으로 제시하는 일이 필요하다. 즉, 하천의 기능 및 환경에 대한 편익을 화폐가치로 측정할 필요가 있다. 하천개발 사업에서 하천의 편익이 반영되지 않는 이유 중의 하나는 하천과 환경이 공공재이기 때문에 객관적인 가치추정이 어렵다는 것이다. 따라서 이러한 어려움을 개선하기 위한 방법론적 연구가 필요하다.

하천 및 환경 등과 같은 공공재에 대한 가치 추정을 위해서 가장 많이 사용되고 있는 방법으로는 조건부 가치추정법(Contingent Valuation Method, CVM)이 있다. 하지만 CVM은 하나의 상품에 대한 한 가지 변화에 대해 지불의사액(Willingness To Pay, WTP)만 산정하므로 복잡한 도시유역의 다양한 대안의 편익을 산정하는 데는 적합하지 않다. 따라서 최근 이러한 단점을 보완한 실험선택법(Choice Experiment Method, CEM)이 환경관련 편익산정을 위해 활발하게 적용되고 있다.

실험선택법은 조건부가치평가법과 비교하여 몇 가지 장점을 가지고 있다. 첫째, CVM은 환경재의 속성에 대한 수준이 세 개 미만에 대해서만 추정이 가능하지만 실험선택법의 경우 한 개 이상 속성에 대해 여러 수준을 고려하여 잠재가격을 추정할 수 있다. 둘째, 설문지 구조에 있어 CVM에서 설문지는 응답자들이 선택할 수 있는 상황이 한정되어 있는 반면 실험선택법은 다양한 상황을 제시함으로써 응답자들의 선택의 폭이 넓어지게 된다. 셋째, CVM은 환경재의 변화범위를 제시하는 것이 한정적이지만 실험선택법은 다양한 변화범위를 제공할 수 있다. 마지막으로 실험선택법은 CVM에 비해 풍부하고 다양한 자료와 정보를 응답자로부터 얻어 낼 수 있다(Bennett, 1996).

국내에서 실험선택법을 연구한 사례로는 박승준 등(2003), 유승훈 등(2003), 이영성 등(2004), 조승국 등(2004), 박승준 등(2005), 권오상 등(2005), 김용주와 유영석(2005), 김태균과 홍나경(2005), 이주석 등(2005) 등이 있으며 국외에서는 Adamowicz et al.(1994)에 의해 이 기법이 환경가치 측정분야에서 처음으로 적용된 이후 Boxall et al.(1996), Hanley et al.(1998), Blamey et al.(1999), Alpizar et al.(2001), Bennett and Blamey(2001), Hearne and Salinas(2002) 등 최근 그

적용사례가 꾸준히 증가하고 있다. 공기서 등(2006)은 안양천 유역에 대한 하나의 설문지로 조사하여 치수, 이수, 수질관리, 생태, 경관 등이 향상되는 것에 대한 편익을 도출하였다. 하지만 안양천 유역은 지역적으로 물리적, 환경적 특성이 전혀 다르므로 현재 상태를 하나로 가정하여 하나의 설문지로 가치를 산정하는 것은 보편성을 확보하기 어려우므로 본 연구에서는 안양천 유역을 위치 및 현재 상태에 따라 6개 지역으로 구분하여 설문을 수행하였고 각 6개 지역에 대한 현재상태 변화에 따른 속성수준별 잠재가치를 산정하였다. 이를 토대로 물순환 건전화 대안들의 편익을 대안평가지수(Alternative Evaluation Index, AEI)와 결합하여 산정한 후 비용편익분석(cost-benefit analysis)을 실시하였다.

특히 CEM을 이용한 편익산정 부분에서 공기서 등(2006)의 연구와 본 연구의 차이점은 첫째, 공기서 등(2006)의 경우 안양천 유역 전체에 대한 잠재가치를 도출하였기 때문에 안양천 유역내 중유역별 현재상태가 다르다는 현실을 반영하지 않았지만 본 연구에서는 안양천 유역내 중유역별 잠재가치를 도출하였다. 둘째, 공기서 등(2006)의 연구에서 제안된 개선대안에 대한 수준들이 일률적으로 적용되어 중유역별 현재상태에서 개선될 수 있는 대안이 적용가능하지 않은 중유역에도 존재하지만 본 연구에서는 중유역별 개선 대안이 다르기 때문에 보다 현실적인 접근이 가능하다.

2. 지속가능한 유역통합관리

2.1 계획수립 절차

유역통합관리의 또 다른 개념인 통합수자원관리를 위해서는 일반적으로 다목적, 다기준성과 지속가능성(sustainability)을 고려해야한다. 정은성과 이길성(2007)은 이러한 지속가능성, 다기준 의사결정기법, 목표를 정량화하는 지표의 개발, 대안의 평가를 위한 지수의 개발, 편익 산정을 통한 경제성 분석 등을 모두 포함하여 하나의 유역통합관리 계획 절차는 다음과 같이 개발하였다.

- Step 1: 유역의 물순환 관련 요소 파악
- Step 2: 문제점 도출 및 우선순위의 결정
- Step 3: 이해관계자의 관리 선호도 조사
- Step 4: 분명하고 구체적인 목표의 설정
- Step 5: 모든 대안의 검토
- Step 6: 가능한 대안의 선별
- Step 7: 선별된 대안의 효과분석
- Step 8: 대안의 평가지수 산정 및 우선순위 제시

Step 9: 대안의 비용 및 편익 산정

Step 10: 최종대안 결정

본 연구는 Step 9, 10을 위한 구체적인 적용방법과 결과를 제시하였다.

2.2 대안의 비용 및 편익 산정 (Step 9)

일반적으로 계획 수립시 대안에 대한 편익은 대안이 없을 경우 발생할 수 있는 경제적 손실로 가정하는 경우가 많다. 즉 관리자 입장에서 편익을 경제적인 가치로 본다. 하지만 최근 지속가능한 개발·관리 계획 개념에서는 대안의 편익을 유역주민의 WTP로 가정하고 산정한 연구가 많다. 즉 수요자 입장에서 편익을 경제적 가치로 인정하고 있다. 이러한 이유로 인해 최근 환경, 수자원 분야에서 비시장재 가치를 추정하는데 유역주민의 진술을 바탕으로 경제적 편익을 산정하는 CVM이 자주 사용되고 있다. 하지만 중·대유역의 다목적 사업의 수가 많은 경우 하나의 대안이나 하나의 상태에 대한 WTP만 산정할 수 있는 CVM으로는 시간과 비용이 많이 소요된다.

따라서 본 연구에서는 대안의 효과에 대한 속성을 이용한 실험선택법을 사용하여 속성별 향상에 대한 WTP를 산정한다. 공기서 등(2006)은 안양천 유역의 전체 상태를 치수, 이수, 수질관리, 하천형태 별로 하나로 가정하고 개선되는 상태에 따른 WTP를 도출하였다. 하지만 안양천 유역은 상류부터 하류까지 다양한 특성과 문제를 가진 도시하천이므로 현재 상태를 하나로 가정하고 이에 대해 유역주민을 상대로 설문을 실시하는 것은 논리적 보편성을 확보하기 어렵다. 따라서 본 연구에서는 안양천 유역을 정온성과 이길성(2007)의 결과와 지리적 특성을 감안하여 나눈 6개의 구역 별로 CEM을 사용하였다. 대안의 비용은 초기 설치비용 및 유지관리 비용으로 구분되는데 이를 모두 고려한 현재가로 산정한다.

2.3 최종 대안 결정 (Step 10)

Abrahams et al.(2000)은 물 재이용, 도수, 저수지 용량 확대 등 수자원 관련 사업에서 비용이 소비자의 WTP보다 작으면 그 프로젝트는 경제적으로 유용하다고 하였다. 비용과 편익을 비교하여 순이익(Net Benefit, NB)이 0 이상 또는 BC ratio가 1 이상인 대안은 유역주민들의 지불의사가 비용을 초과하는 효용이 좋은 대안이므로 우선적으로 추진하는 것이 바람직하다. 더 나아가 NB와 BC 비율에 따라 다음과 같이 대안

을 분류하여 네 등급을 나눌 수 있다.

- $NB \geq 0, BC \geq 2$
- $NB \geq 0. 1.5 \leq BC < 2.0$
- $NB \geq 0. 1.0 \leq BC < 1.5$
- $NB < 0, 0.5 \leq BC < 1.0$
- $NB < 0, BC < 0.5$

향후 이러한 대안들은 유역주민들에게 공개되어 선호도를 조사한 후 최종 대안을 선정하여 실행하는데 기초 자료로 사용될 수 있다.

3. 실험선택법

실험선택법은 응답자의 선호체계에 명확하게 초점을 둔 지불의사 유도방법으로서 여러 속성으로 구성된 환경재에 대해 각각의 속성들과 응답자의 지불의사 사이의 상충관계를 분석 가능하도록 해준다. 즉, 실험선택법에 의한 추정결과는 비시장재를 구성하는 여러 속성들의 부분가치(part-worth)를 도출하는데 이용될 수 있으며 환경재의 가치추정에 사용되는 CVM을 적용하기 어려운 환경재에 대한 사용가치 및 비사용가치의 측정을 위한 대체·보완방법으로 이용되고 있다.

그러나 실험선택법은 가상시장에 의존하는 진술선호 기법이고 주어진 질문이 CVM보다 어려우며 연구설계자 또한 설문지 구성과 분석에 따른 복잡한 통계적 절차를 갖는다는 점이 실험선택법의 취약점이라고 할 수 있다.

실험선택법의 적용방법은 Table 1과 같이 첫째, 가치추정 대상의 속성을 선정하고 둘째, 가치추정대상의 속성 수준 및 지불의사금액의 수준을 설정하며 셋째, 등급화 된 속성을 통해 선택대안집합을 설계하며 넷째로 통계적인 직교배열에 의해 설문지를 구성하게 되고 마지막으로 설문조사를 통해 얻어진 자료의 취합과 분석을 통해 정보를 도출하게 된다.

4. 지불의사액 산정

4.1 속성 및 수준 설정

실험선택법에서는 환경을 다양한 수준(level)을 가진 여러 속성의 조합으로 규정하기 때문에 우선 안양천의 주요 속성과 속성별 수준을 설정해야한다. 각 속성은 서로 독립적이어야 하며, 속성별 수준은 추정하고자 하는 속성의 특징을 잘 나타낼 수 있어야한다.

Table 1. Design Stages for Choice Modelling (Bateman et al., 2002)

| Stage | Description |
|----------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. Selection of attributes | Selection of relevant attributes of the good to be valued. This is usually done through literature reviews, focus group discussions or direct questioning. Sometimes they may be self-evident because of the nature of the problem. A monetary cost should be one of the attributes, to allow the estimation of WTP. |
| 2. Assignment of levels | The attribute levels should be realistic and span the range over which we expect respondents to have preferences, and/or should be practically-achievable. |
| 3. Choice of experimental design | Statistical design theory is used to combine the levels of the attributes into a number of alternative environmental scenarios or profiles to be presented to respondents. Complete factorial designs allow the estimation of the full effects of the attributes upon choices: that includes the effects of each of the individual attributes presented ('main effects') and the extent to which behavior is connected with variations in the combination of different attributes of offered ('interactions'). These designs often produce an impractically large number of combinations to be evaluated. Fractional factorial designs are able to reduce the number of scenario combinations presented, with a concomitant loss in estimating power, i.e. some of all of the interactions will not be detected. |
| 4. Construction of choice sets | The profiles identified by the experimental design are then grouped into choice sets to be presented to respondents. Profiles can be presented individually, in pairs or in groups according to the technique being used. |
| 5. Measurement of preferences | Choice of survey procedure, and conduct of survey. |

Table 2. Level and Values of Attributes

| Attribute | Levels | I | II | III | IV | V | VI |
|-----------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|------------------------------|------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|
| Flood damage possibility | Dangerous (5) Partially dangerous (4) Moderate (3) Partially safe (2) Safe (1) Ideal (0) | Base $A_1(\text{Target})$ | Base A_1 $A_2(\text{Target})$ | Base $A_1(\text{Target})$ | Base $A_1(\text{Target})$ | Base $A_1(\text{Target})$ | Base A_1 $A_2(\text{Target})$ |
| Instreamflow depletion possibility | Dangerous (5) Partially dangerous (4) Moderate (3) Partially safe (2) Safe (1) Ideal (0) | Base B_1 $B_2(\text{Target})$ | Base B_1 $B_2(\text{Target})$ | Base $B_1(\text{Target})$ | Base $B_1(\text{Target})$ | Base B_1 $B_2(\text{Target})$ | Base B_1 $B_2(\text{Target})$ |
| Water quality deterioration possibility | Dangerous (5) Partially dangerous (4) Moderate (3) Partially safe (2) Safe (1) Ideal (0) | Base $C_1(\text{Target})$ | Base C_1 $C_2(\text{Target})$ | Base $C_1(\text{Target})$ | Base $C_1(\text{Target})$ | Base C_1 $C_2(\text{Target})$ | Base C_1 $C_2(\text{Target})$ |
| Financial support | 2,500 won 5,000 won 10,000 won | 2,500 5,000 10,000 | 2,500 5,000 10,000 | 2,500 5,000 10,000 | 2,500 5,000 10,000 | 2,500 5,000 10,000 | 2,500 5,000 10,000 |

주: Base: 현재상태, Target: 목표수준

안양천이 가진 주요 속성을 세 가지로 설정하였는데 첫째, 홍수피해위험(치수), 둘째, 유지유량 부족 위험(이수), 세 번째, 수질오염 위험(수질관리)이다. 안양천 개선의 속성 및 지불가격, 속성수준의 설정결과는 Table 2에서 보는 바와 같다. 홍수피해 위험, 유지유량 부족 위험, 수질오염 위험에 대한 속성은 정은성과 이길성(2007)에서 사용한 5개의 등급과 가장 이상적인 상태하나를 추가하여 6개 등급(0~5)으로 분할하여 Region의 현재상태와 목표수준을 설정하였고 안양천 개선분담금은 2,500원, 5,000원, 10,000원으로 분류하였다. 현재 상태의 경우 정은성과 이길성(2007)의 결과와 정은성 등(2007)의 HSPF 분석을 사용하였다. 개선분담금은 유진채 등(2004)이 CVM을 적용하여 추정한 안양천 유역 환경 개선에 대한 WTP이 6,066원임을 제시하였는데 공기서 등(2006)이 이를 토대로 2차례에 걸친 안양천 유역 주민에 대한 예비조사와 전화설문을 통해 2,500원, 5,000원, 10,000원으로 설정하였는데 본 연구에서도 이를 이용하였다. 가격속성은 홍수피해 위험 감소, 유지유량 확보, 수질 개선을 위해 응답자들이 주민세, 환경개선분담금 등의 세금형태로 부담하는 것으로 설정하였다.

4.2 설문지 작성 및 조사

결국 안양천의 속성은 독립적인 3개의 속성으로 설정되고 WTP를 제외한 각각의 속성에 대해 기준수준을 포함하여 6개 수준들이 존재하며 WTP는 4개의 수준이 존재하게 된다. 선택대안집합을 구성하기 위해 현재상태를 제외한 개별 환경속성들과 가격속성의 수준들을 결합할 경우 Region I은 $2^2 \times 3^2 (= 36)$, Region II, VI은 $3^4 (= 81)$, Region III, IV는 $2^3 \times 3 (= 24)$, Region V는 $2 \times 3^3 (= 54)$ 개의 가능한 선택대안 집합들이 존

재하게 된다. Region I, III, IV는 모든 대안집합에 대해 설문지를 작성하였으나 Region II, V, VI의 경우 모든 선택대안 집합에 대해 질문하는 것은 비현실적이기 때문에 Table 2의 속성과 수준을 이용하여 D-효율 설계(D-efficiency design)를 기준으로 실험 선택법의 프로파일을 선택하였다. D-효율설계는 파라미터 추정량의 신뢰영역을 최소화하도록 설계하는 방법으로 변수 상호간의 공선성을 최소화시켜 추정의 효율성을 높이는 방법으로 알려져 있다(Kuhfeld, 2005).

본 연구에서는 SAS Macro의 OPTEX 프로시저를 이용하여 D-효율이 100 %인 직교파일을 선택하였다. 직교설계로부터 최소대안집합은 각각 Region I은 36개로 응답자 한명이 18개의 문항을 응답하기 어렵기 때문에 2개의 설문지에 각각 9개 문항씩 구성(block design)하였으며 II, V, VI은 18개, Region III, IV는 12개의 선택대안집합이 도출되었다. Region I은 한 문항에 현재 상태와, 2개의 개선대안을 포함하여 총 18문항(9문항 \times 2개의 설문지), Region II, V, VI은 9문항, Region III, IV는 6문항으로 설문지를 구성하였다. 설문지에 현재상태를 추가함으로써 모형의 편기(bias)가 증가될 수 있으나 지불의사가 없고 대안 ②, 대안 ③을 선택할 기준점을 제시하기 위해 현재상태 유지 ①을 추가하였다. 일반적으로 선택모형의 선택카드에는 기준점을 포함하여 3개의 대안이 제시되는데, 피설문자는 그 가운데 하나의 대안을 선택한다. 설문지의 형태는 Table 3과 같다. 기준점은 모든 선택카드에 공통적으로 포함되어야 한다. 이 때문에 선택모형은 후생경제학의 효용함수가 갖추어야하는 성질을 충족시킬 뿐 아니라 로짓모형에서 효용함수를 추정할 수 있다(이영성 등, 2004).

Table 3. Example of Choice Set

| <Question> For each set of options(include status-quo) presented, we would like you to select one option which you would choose for the Region 1 () | | | | | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|------------------------------------------------|----------------------------|--------------------|-------------------------|
| | | Lose | Take | | |
| | | Tax for the Anyangcheon watershed improvements | Flood damage possibilities | Instreamflow | Water quality |
| Status-quo option ① | | 0 won | Dangerous (5) | Moderate (3) | Dangerous (5) |
| Option ② | | 10,000 won | Dangerous (5) | Partially safe (2) | Moderate (3) |
| Option ③ | | 5,000 won | Partially safe (2) | Moderate (3) | Partially dangerous (4) |

본 설문조사는 2007년 4, 5월동안 실시하였다. 본 조사에서는 예비조사의 의견을 반영하여 응답자의 이해를 돕기 위해 안양천 유역도를 첨부하였으며 안양천에 대한 일반적인 설명과 대상 중유역의 현재 상태 등을 첨부하였다. 또 각 대안을 선택하기 전에 각 속성에 대한 그림과 사진자료를 통해 충분한 이해를 할 수 있도록 보조 자료를 첨부하였다. 특히 현재상태와 목표상태에 대한 구체적인 이해가 어려우므로 이길성 등(2007)과 정은성 등(2007)의 HSPF 결과를 함께 제시하였다. 즉 현재 상태 등급과 목표상태 등급의 갈수량, 저수량과 BOD 농도 및 부하량을 함께 제시하여 설문응시자가 쉽게 이해할 수 있도록 하였다. 안양천 유역 거주민의 편익을 측정하는 것이므로 6개로 구분된 안양천 유역의 거주민들을 모집단으로 하였다.

조사방법은 일대일 면접이며 비합리적 응답을 한 설문지 등은 제외하였다. 비합리적 응답이란 다음의 Q 1)에서 대안 ②를 선택한 경우 그 응답자는 수질과 하천 모습에 10,000원의 개선분담금을 지불할 의사가 있기 때문에 Q 2)에서도 대안 ②를 선택해야하지만 그렇지 않고 대안 ③을 선택한 경우이다. 이를 김용주와 유영성(2005)은 경제학의 이행공리(transitivity axiom)에 위배되는 비합리적 응답으로 설명하고 있다.

| Q1 | 잃는것 | 얻는것 | | |
|----------|------------|---------|-------|------|
| | 안양천 개선 분담금 | 홍수피해 위험 | 유지 유량 | 수질 |
| 현재상태 유지① | 0원 | 5 등급 | 5 등급 | 5 등급 |
| 대안 ② | 10,000원 | 5 등급 | 3 등급 | 3 등급 |
| 대안 ③ | 2,500원 | 2 등급 | 2 등급 | 4 등급 |

| Q2 | 잃는것 | 얻는것 | | |
|----------|------------|---------|-------|------|
| | 안양천 개선 분담금 | 홍수피해 위험 | 유지 유량 | 수질 |
| 현재상태 유지① | 0원 | 5 등급 | 5 등급 | 5 등급 |
| 대안 ② | 5,000원 | 5 등급 | 2 등급 | 4 등급 |
| 대안 ③ | 10,000원 | 3 등급 | 3 등급 | 5 등급 |

4.3 추정모형

실험선택법은 각 응답자들의 속성별 WTP를 추정하기 위해 확률효용모형(random utility model)을 이용하여 정형화 할 수 있다. McFadden(1974)에 의해 개발된 조건부 로짓모형(conditional logit model)은 환경재의 속성들이 어떻게 응답자의 선택확률에 영향을 주는지를 모형화하는데 있어 통계적인 체계를 제공한다. 이 모형

에서 가장 기본이 되는 것은 개별 응답자의 간접효용함수이다. 응답자 i 가 선택대안집합 C_i 내의 한 선택대안 j 로부터 얻는 간접효용함수 U_{ij} 는 Eq. (1)과 같이 표현될 수 있다.

$$U_{ij} = V_{ij}(Z_{ij}, S_i) + e_{ij} \quad (1)$$

여기서 V_{ij} 는 관측이 가능한 결정적 부분이고 e_{ij} 는 관측이 불가능한 확률오차이다. Z_{ij} 는 현재의 선택대안, 또는 가상의 선택대안들의 속성들이며 이때 S_i 는 개별 응답자 i 의 특성치이다. 응답자 i 가 선택대안집합 C_i 내의 모든 선택대안들에 대해 $U_{ij} > \max_{k \in C_i, k \neq j} U_{ik}$ 을 만족한다면, 선택대안 j 를 선택할 것이다. 이때, 응답자 i 가 선택대안 j 를 선택할 확률은 다음과 같이 주어진다.

$$P_i(j|C_i) = \Pr\{V_{ij} + e_{ij} > V_{ik} + e_{ik}\} \\ = \Pr\{V_{ij} - V_{ik} > e_{ik} - e_{ij}\} \quad (2)$$

Eq. (2)의 모형화를 위해서는 오차항의 분포에 대한 가정이 필요하다. 다항로짓모형하에서 오차항들은 일반적으로 서로 독립이며 제1형태 극치분포(type I extreme value distribution)를 따른다고 가정한다. 이 경우 응답자 i 가 선택대안 j 를 선택할 확률은 Eq. (3)과 같이 표현될 수 있다.

$$P_i(j|C_i) = \frac{\exp(V_{ij})}{\sum_{k \in C_i} \exp(V_{ik})} \quad (3)$$

응답자는 질문에 직면한 개별 응답자 $i(i=1, \dots, N)$ 의 선택대안 $j(j=1, \dots, \alpha)$ 에 대한 선택결과는 “예” 또는 “아니오”가 된다. 따라서 로그-우도함수는 Eq. (4)와 같이 표현된다.

$$\ln L = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^{\alpha} \{Y_{ij} \ln [P_i(j|C_i)]\} \quad (4)$$

여기서 N 은 응답자의 수, α 는 대안의 수를 나타내며 $Y_{ij} = 1$ (i 번째 응답자의 응답이 “예”)은 지시함수(indicator function)를 나타내며 i 번째 응답자가 j 번째 선택대안을 선택하였다면 1을 취하고 그렇지 않으면 0을 취한다. Eq. (4)의 로그우도함수(log-likelihood function)와 최우추정법을 적용하면 필요한 모수들의

값이 추정된다(Stern, 1997).

한편 간접효용함수의 관측가능한 부분인 V_{ij} 는 다음과 같이 정형화 할 수 있다. 여기서 $\beta_1 \sim \beta_9$ 은 응답자의 효용에 영향을 미치는 안양천의 개별속성들에 대한 회귀계수들이다. 또한 응답자들의 인구·사회적 변수들이 선택확률에 어떠한 영향을 주는 지를 파악하기 위해 인구·사회적 변수와 대안상수들의 공변량을 추가적으로 모형에 포함시킨다. 응답자들의 특성치를 포함한 모형은 다음과 같이 각 Region 별로 나타낼 수 있다.

$$V_{ij} = ASC + \beta_1 A_{1i} + \beta_2 A_{2i} + \beta_3 B_{1i} + \beta_4 B_{2i} + \beta_5 C_{1i} + \beta_6 C_{2i} + \beta_9 P_i + \sum_s \phi_s \cdot ASC \cdot K_{si} \quad (5)$$

여기서 A, B, C는 홍수피해, 건천, 수질오염의 각 Region의 속성을 나타내며 K_{si} 는 i 번째 응답자의 사회·경제적 변수를 나타내는 벡터이고 ϕ 는 상호작용변수의 추정치를 나타내며 $s(=1, \dots, S)$ 는 인구·사회학적 특성들이다. 현재수준으로부터 한 단위 증가(개선)에 대한 잠재가격(IP: Implicit Price)은 Eq. (5)를 전미분함으로써 계산할 수 있다.

4.4 지불의사액 산정

응답자(유역주민)들의 특성변수에 대한 기초통계는 다음과 같다. 성별은 Region III을 제외하고는 모두 남자가 많고 나이는 I - IV까지는 30 - 36세에 분포하는데 반해 V와 VI은 20대를 보인다. Region I ~ III은 기혼자가 50% 이상인데 반해 IV~VI은 미혼이 많은 비율을 보인다. 거주연수는 대부분 10년 전후이고 NGO는 대부분이 미가입 상태이며 Region IV를 제외하고는 환경보전에 가치를 두고 있는 성향을 보인다. 이와 같이 Region I ~ VI의 설문 대상자가 비교적 균등하게 분포하는 것이 좋지만 설문의 어려움으로 인해 각기 다른 특성을 보이므로 결과에도 약간의 차이를 보일 수 있다. 6개의 지역을 대상으로 설문조사한 총 개수와 비합리적 응답을 제외한 유효 설문지 개수는 각각 57/85, 56/91, 32/75, 32/63, 41/59, 41/91이다. 예상보다 비합리적인 응답이 많았던 이유는 첫째, 설문조사원이 개선분담금과 안양천의 선택대안과의 상쇄관계에 대한 충분한 설명을 하지 못했고 둘째, 설문에 참여하는 사람 중 연령이 극히 높거나 낮은 경우에는 답변의 일관성을 유지하기 힘들었으며, 셋째, 설문에 대한 정당한 대가가 지급되지 않고 순수 연구목적으로 설문조사를 수행하였기 때문에 응답자들에게 동기부여가 적어 불성실 답변이 많았기 때문이다.

Table 4는 안양천 유역의 Region I ~ VI의 속성별, 수준별 추정결과를 보여주고 있다. log-likelihood ratio 통계량으로 볼 때 추정된 방정식은 유의수준 1%에서 통계적으로 유의했다. 이렇게 추정된 Region 6개의 계수를 바탕으로 WTP를 산정하면 Table 5와 같다.

모형 2의 Pseudo R^2 가 모형 1에 비해 높게 나타나고 있어 보다 안정적인 결과를 나타나고 있으며 log-likelihood ratio 통계량에 대한 귀무가설은 모든 추정계수가 0이라는 것으로 이에 대응하는 p-value가 1% 유의수준에서 유의하다. 따라서 모형 2에서 추정된 각 속성별 추정치들을 통해 안양천 유역의 속성별 개선에 따른 가구별 잠재가격을 Table 6과 같이 추정하였다.

(1) Region I

모형 1은 안양천의 속성들만 포함하여 모형 2는 기타 주요변수들을 추가한 모형이다. 모형 1과 모형 2에서 모두 추정계수들의 부호는 예상했던 부호와 일치했다. 예를 들어 어떤 속성에 대해서는 양(+)의 부호를 가지고 있다면 이것은 속성들의 수준이 증가할수록 응답자는 현재대안보다 다른 선택대안들을 선택할 확률이 증가한다는 것을 의미한다. 특히 모든 속성수준들에 대해 양(+)의 부호를 갖는다는 것은 응답자들이 각 속성수준에 대해 홍수피해위험이 낮을수록, 하천수량이 많을수록, 수질이 좋을수록 효용이 증가한다는 것을 의미한다.

그러나 안양천 개선분담금에 대한 계수가 음(-)의 부호를 갖는다는 것은 개선분담금 수준의 증가가 응답자의 효용을 감소시킨다는 것을 의미한다. 각 속성의 수준이 증가할수록 추정된 계수는 점차 증가함을 볼 수 있다.

모형 2에서 나이, 가족 구성원의 수, 교육연수, 소득, 개발 및 보전에 대한 성향의 추정계수가 유의하였고 소득을 제외한 추정계수가 (-) 값을 가지므로 나이가 적을수록, 가족 구성원이 적을수록, 교육 수준이 낮을수록, 개발보다 환경에 관심이 많을수록 현재상태보다 높은 수준을 선택할 확률이 높을 것임을 의미한다. 소득의 경우도 (+)의 값을 가지므로 소득수준이 높을수록 높은 수준을 선택할 확률이 높을 것임을 의미한다.

WTP는 홍수피해위험이 보통수준에서(2.5단계) 향후 양호수준(2단계)으로 홍수피해위험이 감소한다면 매월 208.4원/가구로 추정되었고 이수(유량 확보)에 대해서는 현재 건기의 하천 수량이 거의 없는 취약(3.5단계) 수준인데 향후 적당(3단계) 수준으로 갈 경우 매월 4,941.1원/가구, 우수(2단계) 수준으로 갈 경우 10,082.1원/가구가 지불의사액으로 산정되었다. 수질의 경우 현

Table 4. Estimates of Models 1 and 2

| Variable | | I | II | III |
|--------------------------------------|------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| Flood damage mitigation | 1 up | 0.0198 (0.18) | 0.1159 (0.37) | 0.1522 (1.05) |
| | 2 up | | 0.1512 (1.22) | |
| Prevention of instreamflow depletion | 1 up | 0.4694 (2.50) ** | 0.1321 (1.33) | 0.0398 (0.23) |
| | 2 up | 0.9578 (5.20) *** | 0.2052 (2.17) ** | |
| Water quality enhancement | 1 up | 0.5620 (5.23) *** | 0.4597 (1.33) | 0.2465 (1.45) |
| | 2 up | | 0.6802 (1.96) * | * |
| Financial support(P) | | -0.000095 (-4.61) *** | -0.000791 (-4.56) *** | -0.000163 (-4.89) *** |
| ASC | | 4.9992 (3.53) *** | -1.6695 (-2.78) *** | -4.6946 (-2.35) ** |
| ASC*sex | | -0.0448 (-0.15) | 0.5222 (0.86) | 0.0383 (0.09) |
| ASC*age | | -0.0433 (-2.22) ** | -0.0496 (2.87) *** | -0.0566 (-1.93) * |
| ASC*family | | -0.1898 (-4.49) *** | 0.1511 (1.81) * | 0.5641 (2.38) ** |
| ASC*edu | | -0.1297 (-1.85) * | 0.2087 (0.82) | 0.3121 (3.59) *** |
| ASC*visit | | 0.0038 (1.55) | 0.006193 (6.71) *** | -0.002745 (-2.16) ** |
| ASC*income | | 0.0033 (2.52) ** | 0.001753 (1.87) * | 0.003472 (1.66) * |
| ASC*ngo | | 1.6336 (1.17) | 0.7874 (0.08) | -1.6395 (-2.53) ** |
| ASC*concern | | -0.8832 (-2.27) ** | 0.006161 (0.65) | 0.7866 (1.59) |
| ASC*marriage | | 0.6027 (1.29) | 0.8311 (1.05) | 2.7384 (2.85) *** |
| ASC*year | | -0.0188 (-0.85) | -0.0256 (0.84) | -0.005381 (-0.20) |
| Number of samples | | 702 | 504 | 288 |
| Log-likelihood | | -558.78 | -375.12 | -231.45 |
| Log-likelihood Ratio | | 424.9(0.000) | 291.56(0.000) | 169.89(0.000) |
| Pseudo-R ² | | 0.51 | 0.38 | 0.50 |
| Variable | | IV | V | VI |
| Flood damage mitigation | 1 up | 0.0853 (0.47) | 0.0198 (0.18) | 0.2567 (1.34) |
| | 2 up | | | 0.8933 (4.08) *** |
| Prevention of instreamflow depletion | 1 up | 1.3647 (5.74) *** | 0.2181 (0.80) | 0.2130 (1.01) |
| | 2 up | | 0.692 (2.51) ** | 0.4264 (2.03) ** |
| Water quality enhancement | 1 up | 0.2065 (0.77) | 0.5459 (1.78) * | 0.0730 (0.30) |
| | 2 up | | 0.8083 (2.63) *** | 0.5575 (2.33) ** |
| Financial support(P) | | -0.000249 (-5.70) *** | -0.000106 (0.91) | -0.000122 (-4.76) *** |
| ASC | | -0.4170 (-0.24) | 1.73 (-3.27) *** | 0.6778 (0.56) |
| ASC*sex | | 0.9671 (1.51) | 0.52 (0.87) | 0.0377 (0.14) |
| ASC*age | | -0.007079 (-3.50) *** | 0.2199 (2.41) ** | -0.0574 (-3.07) *** |
| ASC*family | | 0.00425 (0.12) | -0.5918 (-3.12) *** | 0.1617 (1.77) * |
| ASC*edu | | 0.004905 (0.06) | -0.2609 (-2.51) ** | 0.1370 (2.45) ** |
| ASC*visit | | 0.00898 (2.20) ** | 0.002188 (1.45) | 0.0065 (1.86) * |
| ASC*income | | 0.005878 (2.78) *** | 0.002102 (1.00) | -0.0004 (-0.38) |
| ASC*ngo | | 1.9168 (1.58) | 1.1737 (0.97) | 0.3738 (0.81) |
| ASC*concern | | -0.3241 (-0.68) | -0.3866 (-0.90) | -0.9358 (-3.32) *** |
| ASC*marriage | | -0.8671 (-2.11) ** | 1.2925 (1.00) | -0.6489 (-1.81) * |
| ASC*year | | -0.065 (-2.39) ** | -0.0329 (-1.21) | 0.0019 (0.10) |
| Number of samples | | 288 | 368 | 648 |
| Log-likelihood | | -231.45 | -303.27 | -556.94 |
| Log-likelihood Ratio(p-value) | | 169.89(0.000) | 202.03(0.000) | 309.91(0.000) |
| Pseudo-R ² | | 0.50 | 0.48 | 0.43 |

1) *, **, ***는 유의수준 10%, 5%, 1%에서 통계적으로 유의함을 의미

Table 5. Estimates of Implicit Prices

| Region | Attribute | Present Level | Target Level | Implicit Prices (won/month-household) |
|---------------------------|--------------------------------------|---------------|--------------|---------------------------------------|
| I * | Flood damage mitigation | 2.5 | 1 | 208.4 |
| | Prevention of Instreamflow depletion | 3.5 | 3 | 4,941.1 |
| | | | 2 | 10,082.1 |
| Water quality enhancement | 2.5 | 1 | 5,915.8 | |
| II * | Flood damage mitigation | 3.5 | 3 | 1,465.2 |
| | | | 2 | 1,911.5 |
| | Prevention of Instreamflow depletion | 3.5 | 3 | 1,670.0 |
| | | | 2 | 2,594.2 |
| | Water quality enhancement | 4 | 3 | 5,811.6 |
| 2 | | | 8,599.2 | |
| III | Flood damage mitigation | 1 | 0 | 933.7 |
| | Prevention of Instreamflow depletion | 1 | 0 | 244.2 |
| | Water quality enhancement | 1 | 0 | 1,512.3 |
| IV * | Flood damage mitigation | 3.5 | 3 | 362.6 |
| | Prevention of Instreamflow depletion | 2 | 1 | 5,480.7 |
| | Water quality | 1.8 | 1 | 829.3 |
| V | Flood damage mitigation | 1 | 0 | 2,203.8 |
| | Prevention of Instreamflow depletion | 4 | 3 | 2,057.5 |
| | | | 2 | 6,528.3 |
| | Water quality enhancement | 4 | 3 | 5,150.0 |
| 2 | | | 7,625.5 | |
| VI | Flood damage mitigation | 4 | 3 | 2,104.1 |
| | | | 2 | 7,322.1 |
| | Prevention of Instreamflow depletion | 5 | 4 | 1,745.9 |
| | | | 3 | 3,495.1 |
| | Water quality enhancement | 5 | 4 | 598.4 |
| 3 | | | 4,569.7 | |

* Region I, II, IV는 몇 개의 중유역이 포함되므로 각각을 평균하여 현재 상태를 정의함

제는 적당(2.5단계)인데 우수(1단계) 수준으로 갈 경우 5,915.8원/가구의 지불의사액이 있는 것으로 추정되었다.

(2) Region II

모형 1과 모형 2에서 모두 추정계수들의 부호는 각 속성에 대해서는 양(+)의 부호를 가지고 있다. 모형 2에서는 나이(-) 값을 가지는데 반해 구성원의 수, 방문 횟수, 소득수준의 경우도 추정계수가 유의하고 (+) 값을 가진다.

WTP는 홍수피해, 건천, 수질오염에 대해 모두 현재 취약(4단계)수준인데 향후 적당(3단계) 수준으로 변화된다면 각각 매월 1,465.2원/가구, 1,670.0원/가구, 5,811.6원/가구로 추정되었고 우수(2단계) 수준으로 변화된다면 1,911.5원/가구, 2,594.2원/가구, 8,599.2원/가구로 추정되었다. 즉 치수측면에서는 수요가 거의 없지만

수질 개선에 대한 요구가 강함을 알 수 있다.

(3) Region III

모형 1과 모형 2에서 모두 추정계수들의 부호는 각 속성에 대해서는 양(+)의 부호를 가지고 있다. 모형 2에서는 나이, 하천의 방문회수, 환경단체 가입여부의 추정계수가 유의하고 (-) 값을 가지는데 반해 가족 구성원의 수, 교육연수, 소득, 결혼유무의 경우도 추정계수가 유의하고 (+) 값을 가진다.

WTP는 홍수피해, 건천, 수질오염에 대해 모두 현재 우수(1단계) 수준인데 향후 최우수(0단계) 수준으로 변화된다면 각각 매월 933.7원/가구, 244.2원/가구, 1,512.3원/가구로 추정되었다. 유역이 현재 가장 이상적인 상태를 보이므로 환경개선에 대한 지불의사액도 상대적으로 적게 나타났다.

(4) Region IV

모형 1과 모형 2에서 추정계수들의 부호는 각 속성에 대해서는 양(+)의 부호를 가지고 있다. 모형 2에서 나이, 결혼유무, 거주년수의 경우 추정계수가 유의하고 (-) 값을 가지는데 반해 방문횟수, 소득수준의 경우도 추정계수가 유의하고 (+) 값을 가진다.

WTP는 홍수피해에 대해 모두 현재 취약(3.5단계)수준인데 향후 적당(3단계) 수준으로 변화된다면 매월 362.6원/가구, 이수과 수질오염 측면에서 현재 양호(2단계) 수준인데 우수(1단계) 수준으로 향상된다면 각각 5,480.7원/가구, 829.3원/가구로 추정되었다. 유역주민들의 수요가 수량확보에 대해 더 우선시 하는 경향을 알 수 있다.

(5) Region V

모형 1과 모형 2에서 추정계수들의 부호는 각 속성에 대해서는 양(+)의 부호를 가지고 있다. 모형 2에서 가족 구성원의 수, 교육연수의 추정계수가 유의하고 (-) 값을 가지는데 반해 나이의 추정계수가 유의하고 (+) 값을 가진다.

WTP는 홍수피해에 대해 현재 우수(1단계)수준인데 향후 최우수(0단계) 수준으로 변화된다면 매월 2,203.8 원/가구, 이수과 수질오염 측면에서 현재 취약(4단계) 수준인데 적당(3단계) 수준으로 향상된다면 각각 2,057.5원/가구, 5,150.0원/가구로 추정되었고 우수(2단계)수준으로 변화된다면 6,528.3원/가구, 7,625.5원/가구로 추정되었다. 유역주민들의 수요가 수량확보에 대해 더 우선시 하는 경향을 알 수 있다.

(6) Region VI

모형 1과 모형 2에서 추정계수들의 부호는 각 속성에 대해서는 양(+)의 부호를 가지고 있다. 모형 2에서 나이, 환경 및 개발에 대한 관심, 결혼 유무의 추정계수가 (-) 값을 가지는데 반해 가족구성원의 수, 교육수준, 방문 횟수의 추정계수가 (+) 값을 가진다.

WTP는 홍수피해에 대해 현재 취약(4단계)수준인데 향후 적당(3단계) 수준으로 변화된다면 매월 2,104.1원/가구, 양호(2단계) 수준으로 변화한다면 7,322.1원/가구 이고 이수과 수질오염 측면에서 현재 위험(5단계) 수준인데 취약(4단계) 수준으로 향상된다면 각각 1,745.9원/가구, 598.4원/가구로 추정되었고 적당(3단계) 수준으로 향상된다면 각각 3,495.1원/가구와 4,569.7원/가구의 WTP를 보인다. 유역주민들의 수요가 치수위험 감소, 수질개선, 수량확보의 순임을 알 수 있다.

5. 편익산정 결과

앞에서 도출된 가구당 WTP는 비연속적인(discrete) 단계별 값을 제시하였다. 하지만 다양한 대안들의 복잡한 편익을 추정하기 위해서는 연속적인(continuous) 편익의 추정이 필요하다. 따라서 본 연구에서는 앞에서 추정된 WTP를 바탕으로 다음 같은 수식을 이용하여 대안 i 의 편익($B(a_i)$)을 산정하는 방안을 제안하였다.

$$B(a_i) = (B_2(i) + B_3(i)) \times PH_i \tag{7}$$

$$\begin{aligned} B_2(i) &= WTP1_{2,i} \times f'_{2,i} \quad 0 \leq f'_{2,i} \leq 0.5 \\ B_2(i) &= WTP1_{2,i} + WTP2_{2,i} \times (f'_{2,i} - 0.5) \quad 0.5 < f'_{2,i} \leq 1 \end{aligned} \tag{8}$$

$$\begin{aligned} B_3(i) &= WTP1_{3,i} \times f'_{3,i} \quad 0 \leq f'_{3,i} \leq 0.5 \\ B_3(i) &= WTP1_{3,i} + WTP2_{3,i} \times (f'_{3,i} - 0.5) \quad 0.5 < f'_{3,i} \leq 1 \end{aligned} \tag{9}$$

여기서, $B_2(i)$, $B_3(i)$ 는 각각 이수, 수질관리 측면에서 가구당 WTP이며 PH_i 는 대안 i 가 적용되는 유역의 총 가구 수이다. $f'_{2,i}$, $f'_{3,i}$ 는 이수과 수질관리에 대한 효과지수를 표준화한 값이고 $WTP1_{2,i}$, $WTP2_{2,i}$, $WTP1_{3,i}$, $WTP2_{3,i}$ 는 이수에 대해 작은 효과와 큰 효과, 수질관리에 대해 작은 효과와 큰 효과에 대한 WTP이다. 즉 $B_2(i)$, $B_3(i)$ 는 효과에 따른 두 단계 WTP와 표준화된 효과지수(AEI)를 Fig. 1과 같이 대응시켜 연속적인 값으로 환산하였다. PH_i 는 총 인구를 서울시와 경기도의 평균가구원수를 나누어 산정하였다. 각 대안이 적용되는 중유역의 총 인구수에 평균가구원수인 2.95명/가구(서울시와 2.9명/가구, 경기도의 3.0명/가구)로 나누어서 산정한다. Eqs. (7)~(9)를 이용하여 대안별 효과를 산정하면 Table 6과 같다.

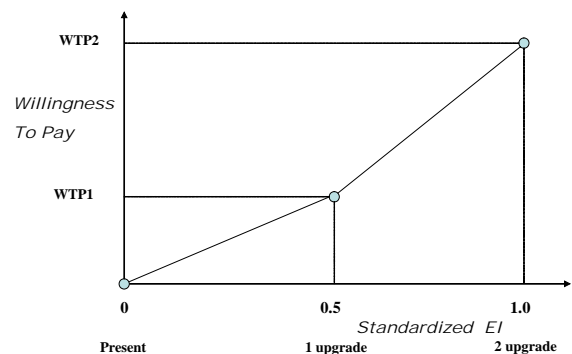


Fig. 1. Concept of Continuous WTP Estimation

Table 6. Estimation of Benefit

| Name of alternative a_i | Alternative Evaluation Index (AEI) | | Standardized AEI | | WTP (won/year) | Estimated number of household | Benefit (1000 won/year) $B(a_i)$ |
|------------------------------|------------------------------------|---------|-------------------------|------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|-------------------------------------|
| | Quantity $f_2(a_i)$ | Quality | Quantity $f_2'(a_i)$ | Quality $f_3'(a_i)$ | | | |
| R4 | 0.537 | 0.493 | 0.13 | 0.27 | $2,203.8*0.13*2+5,150*0.27*2 = 3,296.0$ | 3,430 | 11,305 |
| S1 | 0.549 | 0.676 | 0.18 | 0.88 | $1,670*0.18*2+\{5,811.6+(8,599.2-5,811.6)*(0.88*2-1)\} = 8,531.4$ | 28,790 | 246,617 |
| S2 | 0.527 | 0.663 | 0.09 | 0.84 | $1,670*0.09*2+\{5,811.6+(8,599.2-5,811.6)*(0.84*2-1)\} = 8,237.5$ | 44,878 | 369,680 |
| P2+S3 | 0.504 | 0.572 | 0.00 | 0.53 | 1,512.3 | 16,936 | 25,612 |
| S4 | 0.604 | 0.711 | 0.40 | 1.00 | $1,745.9*0.40*2+4,569.7 = 5,966.4$ | 9,241 | 580,179 |
| S5 | 0.662 | 0.67 | 0.63 | 0.86 | $\{1,745.9+(3,495.1-1,745.9)*(0.63*2-1)\}+\{598.4+(4,569.7 f_3(a_i)-598.4)*(0.86*2-1)\} = 5,677.2$ | 87,767 | 498,274 |
| U2 | 0.664 | 0.415 | 0.64 | 0.00 | $1,745.9+(3,495.1-1,745.9)*(0.64*2-1) = 2,235.7$ | 333,154 | 744,824 |
| S4+U3 | 0.612 | 0.608 | 0.43 | 0.65 | $1,745.9*0.43*2+4,569.7 = 6,078.2$ | 97,241 | 591,044 |
| S5+U4 | 0.712 | 0.658 | 0.83 | 0.82 | $\{1,745.9+(3,495.1-1,745.9)*(0.83*2-1)\}+\{598.4+(4,569.7-598.4)*(0.82*2-1)\} = 6,054.9$ | 87,767 | 531,422 |
| W1 | 0.754 | 0.415 | 1.00 | 0.00 | 3,495.1 | 333,154 | 1,164,406 |

Table 7. Net benefit and BC Ratio of Alternatives

| Name of Alternative | Period (years) | Net Benefit (won) | BC ratio |
|---------------------|----------------|-------------------|----------|
| R4 | 25 | 25,766 | 1.18 |
| S1 | 100 | -10,421,993 | 0.33 |
| S2 | 100 | -17,569,230 | 0.30 |
| P2+S3 | 100 | 33,430,388 | 5.18 |
| S4 | 100 | -28,018,277 | 0.30 |
| S5 | 100 | -33,179,149 | 0.24 |
| U2 | 25 | 8,717,984 | 4.40 |
| S4+U3 | 100 | -28,834,151 | 0.30 |
| S5+U4 | 100 | -33,530,475 | 0.25 |
| W1 | 25 | 4,443,519 | 1.34 |

* 음영은 NB > 0 인 대안별

6. 대안의 선택 (Step 10)

대안의 건설 비용은 이길성(2007)에서 산정한 값을 사용하였으며 Step 9의 결과를 이용하여 순이익과 BC 비율을 산정하면 Table 7과 같다. 이때 순이익은 각 대

안별 유지기간 동안의 이익과 운영비용을 현재가치로 환산하여 산정하였다. 순이익이 0 이상인 대안은 R4, P2+S3, U2, W1로 가장 효과가 좋은 대안이다. 효과는 0이상이 아니지만 BC 비율이 비교적 좋은 S2와 W1도 고려될 수 있는 대안으로 선택될 수 있다.

7. 결 론

본 연구에서는 계획의 최종 산정을 위해 경제성 분석을 수행하였다. 기존의 환경관련 계획이나 시설물의 가치를 평가하기 위해 사용하는 조건부 가치추정법은 소수의 대안에 대해서만 가능하므로 본 연구에서는 다양한 대안을 비교하기 위해 실험선택법을 사용하였다. 대안별 접근이 아니라 대안으로 인한 효과에 대해 가치평가가 이루어지므로 관련 효과가 있는 모든 대안에 대해 편익산정이 가능하다. 특히 본 연구에서는 안양천 유역의 다양한 특성을 반영하기 위해 유역의 잠재적 위험도 산정 결과를 토대로 전체를 6개의 구역으로 구분하고 유역주민들의 다른 성향을 구분하여 제시하였는데 이렇게 접근한 연구는 거의 전무하다. 특히 WTP와 Step 8의 대안 평가지수를 결합하여 편익을 산정하는 방법은 효과의 달성 정도에 따라 편익을 연속적으로 산정할 수 있는 장점이 있으므로 대안들을 상세하게 비교하는데 효과적으로 사용될 수 있다.

토목·환경관련 사업들은 공학적으로 순이익이 아무리 높다고 하더라도 사회적 인식과 동의가 이루어지지 않는다면 절대 실행될 수 없음은 이미 여러 경험을 통해서 충분히 알려져 있다. 과거 관련 공무원과 정치논리에 의해 사업이 실행되던 것은 마땅히 지양되어야 하므로 본 연구와 같이 적절한 유역주민의 의견을 반영하고 공학적인 다양한 이론과 개념이 조화를 이루어 물순환 건전화를 위한 지속가능한 유역통합관리 계획 수립하는 것이 필요하다. 이전의 Step 1-8을 포함하여 본 연구의 Step 9와 10까지 수행하면 경제적, 공학적으로 우수한 3~5개의 대안들이 제시되었는데 이들은 향후 유역주민들의 의견을 반영하여 의사결정자들의 협의를 통해 실행될 수 있다. 즉 공학적, 경제적인 효과에 대해 평가하기 어려운 의사결정자들에게 검증된 후보 대안들을 제시함으로써 사회적, 법적, 제도적인 요소를 중심으로 검토하는 협의체 등의 의사결정에 기초자료로 활용될 수 있다.

감사의 글

본 연구는 21세기 프런티어 연구개발 사업인 수자원의 지속적 확보기술개발 사업단(과제번호 1-7-3)의 서울대학교 공학연구소를 통한 연구비 지원(90%)과 Safe and Sustainable Infrastructure Research의 연구비 지원(10%)에 의해 수행되었습니다. 연구비 지원에 심심한 감사의 뜻을 표합니다.

참 고 문 헌

- 공기서, 정은성, 유진채, 이길성 (2006). “물순환 건전화 대안 적용을 위한 안양천의 속성별 가치추정.” **한국수자원학회논문집**, 한국수자원학회, 제39권, 제12호, pp. 1031-1042.
- 곽승준, 유승훈, 장정인 (2005). “컨조인트분석을 이용한 하구환경의 가치추정: 한강하구를 중심으로.” **2005 경제학공동학술대회 한국경제학회 논문집**, pp. 1-17.
- 곽승준, 유승훈, 허재용, Clifford, R.I. (2003). “퍼지 다기준 의사결정기법을 이용한 댐 건설영향에 대한 지역주민들의 의견평가.” **국토연구**, 제38권, pp. 107-121.
- 권오상, 김원희, 이혜진, 허정희, 박두호 (2005). “댐 호수의 특성별 휴양가치 분석.” **자원·환경경제연구**, 제14권, 제4호, pp. 867-891.
- 김용주, 유영성 (2005). “팔당호 및 한강 수질개선의 비시장가치 측정-속성가치선택법을 이용하여.” **자원·환경경제연구**, 제14권, 제4호, pp. 337-379.
- 김태곤, 홍나경 (2005). “식품안전성의 속성별 지불 의사금액 측정: 사과를 중심으로.” **농업경제연구**, 한국농업경제학회, 제46권, 제2호, pp. 181-196.
- 유승훈, 곽승준, 이주석 (2003). “컨조인트 분석을 이용한 서울시 대기오염영향의 환경비용추정.” **지역연구**, 제19권, 제3호, pp. 1-17.
- 유진채, 공기서, 박두호 (2004). “안양천 수질개선에 대한 주민의 사회적 선호.” **2004 한국농업경제학회 동계학술대회 논문집**, 한국농업경제학회, pp. 87-105.
- 이길성 (2007). **안양천 유역의 물순환 건전화 기술 개발**. 서울대학교, 과학기술부.
- 이영성, 박년배, 김태한 (2004). “선택모형을 이용한 생태복원의 환경가치추정에 관한 연구: 청계천복원사업을 사례로.” **국토계획**, 국토계획학회, 제39권, 제3호, pp. 165-177.
- 조승국, 신철오, 곽승준 (2004). “한강수질개선의 경제적 편익추정에 관한 연구.” **한국산업경제학회 추계학술발표회 논문집**, pp. 239-252.
- Abrahams, N.A., Hubble, B.J., and Jordan, J.L. (2000). “Joint production and averting expenditure measures of willingness to pay: Do water expenditures really measure avoidance

- costs?" *American Journal of Agricultural Economics*, Vol. 82, No. 2, pp. 427-437.
- Adamowicz, W.L., Louviere, J., and Williams, M. (1994). "Combining revealed and stated preference methods for valuing environmental amenities." *Journal of Environment Economics and Management*, Vol. 26, pp. 271-292.
- Alpizar, F., Carlsson, F., and Martinsson, P. (2001). "Using choice experiments for non-market valuation." *Economic Issues*, Vol. 8, No. 1, pp. 83-110.
- Bateman, I.J., Carson, R.T., Day, B., Hanemann, M., Hanley, N., Hett, T., Jones-Lee, M., Loomes, G., Mourato, S., Ozdemiroglu, E., Pearce, D.W., Sugden, R., and Swanson, J. (2002). *Economic Valuation with Stated Preference Techniques - A Manual*. Depart of Transport, Massachusetts, USA.
- Bennett, J. (1996). *A Comparison of Stated Preference Techniques for Estimating Environmental Values*, Research Report No 1. Environmental and Resource Economics, ANU University.
- Bennett, J., and Blamey, R. (2001). *The Choice Modelling Approach to Environmental Valuation*. New Horizons in Environmental Economics, Edward Elgar, Cheltenham, UK · Northampton, MA, USA.
- Blamey, R.K., Bennett, J.W., Louviere, J.J., Morrison, M.D., and Rolfe, J. (1999). "A test of policy labels in environmental choice modelling studies." *Ecological Economics*, Vol. 32, pp. 269-286.
- Boxall, P.C., Adamowicz, W.L., Joffre, S., Williams, M., and Louviere, J. (1996). "A comparison of stated preference methods for environmental valuation." *Ecological Economics*, Vol. 18, pp. 243-253.
- Hanley, N., Wright, R.E., and Adamowicz W. (1998). "Using choice experiments to value the environment." *Environmental and Resource Economics*, Vol. 11, pp. 413-428.
- Hearne, R.R., and Salinas, Z.M. (2002), "The use of choice experiments in the analysis of tourist preferences for ecotourism development in Costa Rica." *Journal of Environmental Management*, Vol. 65, pp. 153-163.
- Kuhfeld, W.F. (2005). *Marketing Research Methods in SAS*. SAS Institute.
- McFadden, D. (1974). "Conditional logit analysis of qualitative choice behavior." *Frontiers in Econometrics*, Academic Press, New York.
- Stern, S.(1997), "Simulation-based estimation.", *Journal of Economic Literature*, Vol. 35, pp. 2006-2039.

(논문번호:07-81/접수:2007.08.24/심사완료:2007.12.27)