

다속성선택법을 적용한 물순환 건전화를 위한 대안의 경제적 가치추정

Economic Valuation of Alternatives for Rehabilitation of Hydrologic Cycle Using Choice Experiments

유진채*, 공기서**, 이길성***, 정은성****

Jin Chea Yoo, Ki Seo Kong, Kil Seong Lee, Eun-Sung Chung

요 지

경제발전 과정에서 급격한 도시화로 인해 건기의 하천 수량은 줄어들고, 비점오염 발생량은 증가하였으며 심지어 하천이 복개되고 직강화되어 홍수 피해 및 수질오염은 더욱 증가하고 있다. 다행히 최근 소득수준의 증가와 여가시간이 확대됨에 따라, 그 동안의 도시화와 산업화로 인한 오염된 하천을 다시 복원하려는 운동이 활발하게 진행되고 있다. 안양천은 이 같은 하천 중 가장 대표적인 하천 중 하나이다. 본 연구에서는 다속성선택법(CE: choice experiments)을 적용하여 안양천이 어떠한 속성을 갖고 있으며 각각의 속성에 대해 안양천 유역주민들의 사회적인 경험과 인식, 그리고 각 속성의 수준간의 상쇄관계(trade-off)를 고려함으로써 소비자선호에 근거한 한계가치(marginal value)를 추정하였다. 2차례에 걸친 예비조사를 통해 안양천이 가진 속성을 홍수피해위험, 가뭄시 하천유량, 수질등급, 하천형태로 설정하였고 설문지 작성을 위해 개별 속성들간의 직교성(orthogonality)을 보장해 주는 주효과 직교설계(orthogonal main effects design) 방법을 이용하였다. 작성된 설문지를 이용해 안양천 유역 10개 지자체 거주민을 대상으로 설문조사를 실시하였고 설문조사 결과를 통해 추정된 각 속성에 대한 가구당 매월 한계지불의사액은 하류구간의 잠재적 홍수피해(PFD가 0.5)가 보통일 경우는 1,764.8원/월, 낮을(PFD가 0.5이하) 경우는 1,783.8원/월, 가뭄시 하천수가 목표유지유량보다는 작지만 매달라 있지 않은 경우에는 1,496.8원/월, 가뭄시 하천수가 목표유지유량 이상 유지될 경우에는 2,274.9원/월, 수질 등급 3등급일 경우 1,721.5원/월, 수질 등급 2등급일 경우 1,764.4원/월, 하천둔치를 체육공원과 산책로를 조성할 경우 2,078.1원/월, 하천둔치를 자연친화형 하천으로 보존할 경우 2,441.7원/월으로 분석되었다. 또한 추정된 가구당 매월 한계지불의사액을 통해 각 지자체별 정책대안의 기대효과에 대한 편익을 추정하였다. 각 기대효과는 치수, 수량확보, 수질, 생태로서 각각의 기대효과에 대해 가장 높은 편익을 나타내는 것은 부천시외 하수처리장 건설로서 이는 매년 926.8억원의 편익이 발생되며 그 다음으로는 부천의 하수관거정비(역곡)로서 이는 매년 601.5억원의 편익이 발생하는 것으로 추정되었다.

핵심용어: 다속성 선택법, 한계잠재가치, 직교설계

1. 서론

지난 수십년간 고속의 경제성장과 발전으로 인해 농지와 산림이 도시용 주택과 도로로 전용되었으며 인구의 도시집중, 인구집중에 따른 도시형성으로 인해 도심하천의 복개구간 확대와 하천형태의 직선화, 불투수면적의 증대 등으로 하천의 지하수위가 낮아지고 하천이 건천화 되었으며 오염도가 증가하는 등 하천의 물순환이 왜곡되어 왔다. 안양천은 이 같은 하천 중 가장 대표적인 하천 중 하나이다. 본 연구에서는 다속성 선

* 정회원 · 충북대학교 농업경제학과 교수 · E-mail : jcyoo@chungbuk.ac.kr
** 정회원 · 충북대학교 농업경제학과 박사과정 · E-mail : kskong@chungbuk.ac.kr
*** 정회원 · 서울대학교 지구환경시스템공학부 교수 · E-mail : kilselee@snu.ac.kr
**** 정회원 · 서울대학교 지구환경시스템공학부 박사과정 · E-mail : cool77@snu.ac.kr

택법(CE: choice experiments)을 적용하여 안양천이 어떠한 속성을 갖고 있으며 각 속성의 수준간의 상쇄관계(trade-off)를 고려함으로써 소비자선호에 근거한 한계가치(marginal value)를 추정하였다.

안양천의 환경가치를 추정하기 위해 사용된 다속성선택법(CE: choice experiments)은 안양천이 가지고 있는 다양한 환경속성들을 조합으로 다양한 대안을 구성하여 환경개선상태를 설문응답자에게 보다 풍부하게 묘사해 줄 수 있을 뿐만 아니라 실험적 방법을 활용하여 환경을 구성하는 속성들의 조합이 변화할 때 소비자의 선호가 어떻게 변화하는지 파악 할 수 있다. 이를 통해 안양천의 환경편익을 구성하는 개별속성의 가치추정 뿐만 아니라 다양한 속성으로 이루어진 안양천의 가치를 보다 정확하게 추정할 수 있을 것이다. 본 논문의 주된 연구목적은 다속성선택법(CE: choice experiments)을 적용하여 작성된 설문을 통해 안양천의 여러 속성들과 가격속성간의 상쇄관계를 고려함으로써 소비자 선호에 근거한 안양천의 개별 환경속성별 화폐가치를 추정하였다. 둘째, 추정된 결과를 통해 안양천유역의 거주민과 정책결정자가 가지고 있는 안양천 물순환 건전화 정책대안에 대한 정책적 함의를 종합적으로 평가하였다.

2. 다속성선택법(CE: choice experiments)

다속성선택법은 응답자의 선호체계에 명확하게 초점을 둔 지불의사 유도방법으로서 여러 속성으로 구성된 환경재의 가치추정방법으로 외국에서는 최근 많은 분야에서 시도되고 있는 방법으로서 국내에서 연구된 사례로서는 박승준(2003), 유승훈(2003), 이영성(2004), 김용주(2005) 등이 있다. 다속성선택법은 자료생성과정을 필수적으로 거치는 구조화된 방법으로 이 과정에서 여러 속성들로 구성된 선택대안(choice set)을 설계하게 된다. 첫째, 가치추정 대상의 속성을 선정하고 둘째, 가치추정 대상의 속성수준 및 지불의사금액의 수준을 설정하고, 셋째, 선택대안집합을 설계하게 된다. 네 번째로는 등급화 된 속성을 통해 통계적인 직교배열에 의한 설문지를 작성하게 되며 다섯 번째로는 표본의 설계와 설문조사방법을 선정하며 마지막으로 자료의 취합과 분석을 통해 정보를 도출하게 된다.

2.1 속성과 수준설정

본 논문에서는 가치추정대상을 안양천으로 설정하였고 안양천이 가진 주요 속성은 크게 네가지로 설정하였다. 첫째, 치수(治水)기능으로 시민의 안전을 위한 하류구간의 홍수피해가능성 둘째, 이수(利水)기능으로 가뭄 때 수량 세 번째, 깨끗한 물이 흐르는 수질(水質)이다. 네 번째, 하천모습 즉, 하천의 형태로 설정하였다.

치수의 수준은 홍수 속성에 대한 현재상태를 상습침수지역의 침수피해가능성이 높음으로 설정하고 각 수준을 침수피해가능성 보통, 침수피해가능성 낮음으로 설정하였다. 이수의 수준은 현재 상태를 일부구간 붓가를 가뭄시 물 흐름이 거의 없음으로 설정하고 각각의 수준을 가뭄시 물이 약간 흐름, 가뭄시 물이 풍부하게 흐름으로 설정하였다. 안양천의 세 번째 속성인 수질은 각 지점별 수질측정결과와 전문가의 의견을 통해 현재상태를 하류지역 수질등급 4~5등급내외로서 약간의 악취가 발생하고 있지만 산책은 가능한 것으로 설정하고 생물이 살아갈 수 있는 여건이 가능한 수질등급 3등급의 경우 낚시가 가능한 것으로 설명하였다. 수질등급 2등급의 경우 물놀이가 가능한 수준으로 설정하였다. 하천형태의 경우 현재의 하천 모습을 하천둔치가 콘크리트 주차장과 도로로 이용되고 있는 것으로 설정하였고 주차장과 도로가 철거되고 체육공원과 산책로가 조성되며 마지막으로 자연친화형 하천상태로 보존하는 것으로 설정하였다. 가격속성은 치수, 이수, 수질, 생태, 친수 기능을 개선 또는 확보하기 위해 응답자들이 주민세, 환경개선분담금 등의 세금형태로 부담하고자하는 금액으로 설정하였다. 그러나 세금형태로 지불해야된다는 설명으로 제시될 경우 조세저항의 문제가 발생되어 정확한 금액을 선택할 수 없다고 생각되기 때문에 환경개선분담금으로 응답자들에게 설명하였다. 이렇게 설정한 환경개선분담은 최저 2,500원에서 최대 10,000원으로 설정하였다. 이 값은 2차례에 걸친 예비조사와 전화설문을 통해 설정된 값이다.

2.2 선택대안집합의 설계

안양천의 속성을 독립적인 5개의 속성으로 설정하고 지불의사액을 제외한 각각의 속성에 대해 각각 3수준

들이 존재하고 지불의사액은 3개의 수준이 존재하게 된다. 선택대안집합을 구성하기 위해 현재상태를 제외한 개별 환경속성들과 가격속성의 수준들을 조합하면 총 $3^5 \times 3^5$ 선택대안 집합이 구성된다. 이 경우 모든 선택대안 집합에 대해 질문하는 것은 비현실적이기 때문에 모형의 추정이 가능하도록 하는 최소 선택 대안집합을 전체 선택대안집합으로부터 도출하였다. 이를 위해 SAS 9.1 프로그램을 사용하여 주효과 직교설계를 수행하였다. 그 결과 직교설계로부터 18개의 선택대안집합이 도출되었고 이것을 한 문항에 현재상태와, 2개의 개선대안을 포함한 총 9문항을 만들었다. 설문지에 현재상태를 추가함으로써 모형의 bias가 증가될 수 있으나 지불의사가 없고 대안 ②, 대안 ③을 선택할 기준점을 제시하기 위해 현재상태 유지 ①을 추가하였다. <표 1>은 실제 설문에 사용된 하나의 선택대안집합을 보여주고 있다.

표 1. 설문지

<문항 1> 현재상태 유지를 포함한 안양천의 개선대안 3가지 중에 하나를 선택해주시기 바랍니다. 유의하실점은 안양천의 4가지 하천속성이 현재보다 개선되는 대신에 개선분담금을 꼭 지불한다는 것을 고려하셔야합니다. ()					
없는 것		있는 것			
안양천 개선 분담금		홍수피해위험	하천수량	수질	하천모습
현재상태유지 ①	0 원	높음	거의 없음	4~5등급	콘크리트 주차장과 도로
대안 ②	10,000 원	높음	약간 흐름	2등급	자연 친화형 하천 조성
대안 ③	2,500 원	낮음	풍부하게 흐름	3등급	체육공원과 산책로 조성

안양천 유역 거주민의 편익을 측정하는 것이므로 안양천 유역 14개 지자체를 모집단으로 하였다. 그러나 안양천 유역이 매우 넓고 유역을 지자체와 연계하여 설정하였기 때문에 실제 조사대상지역이지만 유역내 거주가가 적을 경우에는 조사대상에 제외하였다. 조사방법은 일대일면접을 통해 설문조사를 실시하였으며 총 조사가구수는 200가구였으며 이중 무응답 된 설문이 2가구, 그리고 대안들 중 무조건적으로 높은 금액을 선택한 응답자와 조합된 속성들이 현재상태 수준이거나 명확히 다른 대안에 비해 좋은 상태가 아님에도 불구하고 높은 금액을 선택한 95가구를 제외한 103가구를 이용하여 추정하였다.

3. 분석결과

안양천의 속성별 선형모형의 가치추정결과 모든 추정계수들의 부호는 예상했던 부호와 일치했다. 예를 들어 각 속성에 대해서는 양(+)의 부호를 가지고 있다. 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, 하천의 모습이 좋아질수록 효용이 증가한다는 것을 의미한다. 그러나 안양천 개선분담금에 대한 계수가 음(-)의 부호를 갖는다는 것은 개선분담금 수준의 증가가 응답자의 효용을 감소시킨다는 것을 의미한다. <표 2>는 안양천의 속성별 예상부호와 추정결과를 보여주고 있다. 간접효용함수에 포함된 모든 속성들의 추정계수를 살펴보면 홍수피해위험 1, 홍수피해위험 2, 하천수량 1, 하천수량 2, 수질 1, 수질 2, 하천모습 1과 하천모습 2, 그리고 안양천 개선 분담금의 유의수준이 모두 1%에서 통계적으로 유의했다. 추정된 결과를 이용하여 각 속성별 한계분담금액을 살펴보면 홍수피해위험이 현재 높다고 할 때 보통수준으로 홍수피해위험이 감소한다면 매월 1,764.8원, 홍수피해위험이 낮은 수준으로 감소한다면 매월 1,783.8원으로 추정되었다. 이수(유량 확보)에 대해서는 현재의 하천의 수량이 거의 없다고 할 때 하천수량이 약간 흐르게 된다면 매월 1,496.8원, 풍부하게 흐를 때는 매월 2,274.9원으로 추정되었다. 수질에 대해서는 현재의 수질등급이 4~5등급일 때 수질등급이 3등급으로 좋아진다면 매월 1,721.5원, 수질등급이 2등급으로 좋아질 때는 매월 1,764.4원이었다. 하천형태의 복원에 대해서는 현재 하상주차장과 도로가 있지만 이것을 걷어내고 하상에 체육공원과 산책로를 조성한다면 매월 2,078.1원이었고 자연친화형 하천조성이 될 때의 안양천 개선분담금은 매월 2,441.7원 지불의사가 있는 것으로 추정되었다.

표 2. 안양천의 속성별 예상부호와 추정결과

변수명	변수정의	예상부호	추정계수(t-통계량)
홍수피해위험 1	보통	+	0.4359(3.83)***
홍수피해위험 2	낮음	+	0.4406(3.35)***
하천수량 1	약간 흐름	+	0.3697(3.07)***
하천수량 2	풍부하게 흐름	+	0.5619(4.70)***
수질 1	수질 3등급	+	0.4252(3.53)***
수질 2	수질 2등급	+	0.4358(3.68)***
하천모습 1	체육공원과 산책로 조성	+	0.5133(4.17)***
하천모습 2	자연친화형 하천조성	+	0.6031(5.15)***
안양천 개선분담금	-	-	-0.000247(-13.85)***
관측개수			2,646
log-Likelihood			-818.26
log-Likelihood Ratio ²⁾			301.43
(p-value)			(0.000)

주) 1) ***는 유의수준 1%에서 통계적으로 유의함을 의미함

2) log-Likelihood Ratio 통계량에 대한 귀무가설은 모든 추정계수가 0이라는 것으로 이에 대응하는 p-value가 통계량 아래의 괄호안에 제시되어 있음.

4. 정책대안별 편익과 우선순위

안양천유역 물순환 건전화사업에서 제시한 각 예비타당성 계획 수립에 따른 각 사업의 편익을 추정할 수 있다.

표 3. 안양천 물순환건전화사업의 편익

	대안	치수	수량 확보	수질 개선	생태 (하천형태)	가구당 편익(월)
관악구	소규모하수처리장(서울대입구)	0	4	2	1	₩13,582
	복개구간철거(서울대입구-신림동9동)	0	0	2	4	₩13,210
	복개구간철거(봉천동)	2	1	4	4	₩21,102
구로구	지하저류지(오류IC)와 저수지(궁동 생태공원)건설	1	1	1	1	₩3,531
	복개구간철거(도림천)	1	0	1	3	₩5,406
금천구	복개구간철거(시흥천)	4	0	4	4	₩23,960
	지하저류지(시흥대로)건설	2	2	0	0	₩6,523
동작구	복개구간철거(도림천)	4	1	4	4	₩24,708
영등포구	복개구간철거(대방천)	4	1	4	4	₩24,708
	복개구간철거(산본천)	4	1	4	4	₩24,708
군포시	하천수정화시설유지관리(산본천)	2	1	0	0	₩4,316
	홍수조절지설치(산본천)	0	3	3	0	₩6,059
	복개구간철거(당정천)	4	1	4	4	₩24,708
	우오수분리벽설치(당정천)	0	1	4	0	₩8,554
부천시	하수처리장 건설(역곡)	0	4	4	4	₩25,924
	하수관거정비(역곡)	0	0	4	4	₩16,824
안양시	복개구간철거(수암천)	2	2	4	4	₩23,347
	복개구간철거(갈현천)	0	0	2	4	₩13,210
	하수처리수 재이용(수암천, 삼막천, 삼성천, 삼봉천)	0	4	0	1	₩10,139
	저류지건설(삼막천상류)	2	2	0	1	₩7,562
	저류지건설(수암천상류)	2	2	0	1	₩7,562
	석산개발에의한중금속제어(삼막천)	0	0	4	0	₩7,057
	하수처리장건설(삼막천상류)	0	4	1	1	₩10,999
	하수처리장방류수질강화(안양천)	0	0	4	2	₩11,214
의왕시	복개구간철거(오전천)	0	1	2	4	₩13,958

지자체별 제안된 사업 및 기대효과를 통해 추정된 각 사업의 편익은 <표 3>과 같다. 제안된 사업은 치수, 수량확보, 수질개선, 생태로서 이는 안양천유역의 거주민을 대상으로 한 설문조사에서의 속성 홍수피해위험, 하천수량, 수질, 하천모습과 같다. 가장 높은 편익을 나타내는 것은 부천시 하수처리장건설(역곡)으로서 이는 가구당 매월 25,924원의 편익을 갖는 것이었으며 그 다음으로는 동작구(도림천), 영등포구(대방천), 군포시(산본천) 등의 복개구간철거로서 각 24,708원의 편익을 갖는 것으로 추정되었다.

년간 발생하는 총편익은 가구당 편익과 각 지자체별 가구수를 곱하여 계산하게 된다. 이 경우 가장 높은 편익이 발생하는 부천시의 하수처리장 건설이 연간 926.8억원의 편익이 발생되며 부천시의 하수관거정비(역곡)를 통해 601.5억원(년), 안양시의 수암천 복개구간 철거를 통해 600.7억원(년), 관악구의 봉천동 복개구간 철거를 통해 557.3억원(년), 동작구의 도림천 복개구간 철거를 통해 468.6억원(년)의 편익을 갖는 것으로 나타났다.

5. 결론

시민의식이 높아짐에 따라 중앙정부와 각 지자체에서 많은 비용을 투입함으로써 왜곡된 물순환체계를 바로잡으려는 노력을 시행하고 있다. 사업시행에 따른 비용분석은 이루어지고 있으나 하천유역개발사업과 관련한 비용-편익분석(cost-benefit analysis)에서 편익이 반영되지 않고 있다. 이러한 이유 중의 하나로서 가치추정방법의 신뢰성이 최근 문제시되고 있으며 이러한 신뢰도를 개선하기 위한 방법론적 연구의 필요성이 제기되고 있다. 본 연구에서는 이러한 문제점을 개선하기 위해 다속성선택법을 이용하여 안양천이 제공하는 편익에 대한 속성별 가치들이 분리하여 추정하였다. 본 연구결과에서 시민들이 생각하는 우선순위는 하천형태, 이수, 치수, 수질 순이었다. 또한 추정결과를 통해 각 사업의 우선순위를 살펴보면 복개구간철거가 가장 많은 편익을 제공하고 있으며 그 다음으로는 하수처리장과 관련된 사업, 저류지 건설, 하천바닥정비, 사업장 폐수 재이용, 우수수 분리벽 설치 순이었다. 이러한 결과를 종합해보면 정책적인 측면에서 본 연구는 정책을 결정하는 주체들에 대해 과연 시민들이 안양천유역 물순환건전화사업에 대해 어떠한 요구를 하고 있으며 안양천유역의 물순환건전화 사업의 방향을 어떻게 설정해 나가야 하는지, 그리고 안양천이 갖고 있는 하천본래의 기능을 확보할 수 있는 정량적 정보를 제공할 뿐만 아니라 하천개발사업과 관련한 의사결정과정에서 유용하게 활용될 수 있을 것이다.

감 사 의 글

본 연구는 21세기 프런티어 연구개발 사업인 수자원의 지속적 확보기술개발 사업단(과제번호 1-7-2)의 연구비 지원에 의해 수행되었습니다. 연구비 지원에 심심한 감사의 뜻을 표합니다.

참 고 문 헌

- 곽승준, 유승훈, 한상용(2003), 댐건설로 인한 환경영향의 속성별 가치평가-조건부선택법을 적용하여, 경제학연구 51(2), 한국경제학회, 239 ~ 259.
- 김용주, 유영성(2005), 팔당호 및 한강 수질개선의 비시장가치 측정-속성가치선택법을 이용하여, 자원·환경경제연구 14(2), 337 ~ 379.
- 유승훈, 곽승준, 이주석 (2003), 권조인트 분석을 이용한 서울시 대기오염영향의 환경비용추정, 지역연구 19(3), 1 ~ 17.
- 이영성, 박년배, 김태한(2004), 선택모형을 이용한 생태복원의 환경가치추정에 관한 연구: 청계천복원사업을 사례로, 국토계획 39(3), 대한국토·도시계획학회, 165 ~ 177.
- Krinsky, I. and A. Robb.(1986), "On Approximating the Statistical Properties of Elasticities," *Review of Economics and Statistics*, Vol. 68, pp. 715 ~ 719.
- Kuhfeld, W. F.(2005), 「Marketing Research Methods in SAS」, (available from <http://support.sas.com/techsup/technote/ts722.pdf>), SAS Institute.