

4대강 하구의 속성 가치 추정[†] -다항로짓모형에서 IIA가정의 검토와 대안 모형을 중심으로-

신 영 철*

요 약 : 본 연구는 우리나라 4대강(한강, 금강, 영산강, 낙동강) 하구의 중요 속성(하구 유형, 하구 하천 수질, 하구 해수역 수질, 하구 생물다양성 수준)과 관련된 가치를 도출하기 위하여 진술선호법에 속하는 선택실험법(CE)을 이용하였다. 선택실험법에서 얻어진 자료에 대해서는 일반적으로 다항로짓모형(MNL)으로 분석하지만, 다항로짓모형의 기본 가정에 해당하는 IIA 성립 여부를 Hausman과 McFadden(1984)이 제시한 검정 통계량으로 검토한 결과에 따르면 본 연구 자료에서 IIA 가정은 모두 기각되었다. 그러므로 IIA의 가정을 완화한 이분산극치모형(HEV)과 다항프로빗모형(MNP)으로 분석한 결과, IIA 가정을 충족하지 못하는 자료를 다항로짓모형으로 분석하면 그로부터 도출된 추정계수 및 속성의 경제적 가치들을 상당히 왜곡하는 것으로 파악되었다. 다항프로빗모형(MNP)의 추정 결과에 따르면, 4대강에 속하는 한 하구가 자연 하구인 경우의 경제적 가치는 3,523억원(95% 신뢰구간 2,611억원~4,778억원)이다. 4대강에 속하는 한 하구 하천 수질이 한 등급 상승하면 4,115억원(95% 신뢰구간 3,385억원~5,255억원)의 경제적 가치를 갖는다. 한편 4대강 하구에 속하는 한 하구의 해수역 수질이 한 등급 상승하면 3,589억원(95% 신뢰구간 2,925억원~4,570억원)의 경제적 가치가 증가한다. 4대강 하구에 속하는 한 하구의 생물다양성이 한 등급 상승하면 1,519억원(95% 신뢰수준 990억원~2,186억원)의 가치가 증가한다. 그러므로 4대강 하구에 속하는 한 하구가 인공이 아닌 자연 하구이면서 하구 하천 수질이 좋은 수질(2급수) 수준, 하구 해수역 수질이 좋은 수질(1등급), 생물다양성이 높은 수준이면, 경제적 가치는 2조 1,970억원이며 95% 신뢰수준은 1조 7,210억원~2조 8,799억원으로 평가된다.

주제어 : 4대강 하구, 선택실험법, 다항로짓모형, IIA 가정, 이분산극치모형, 다항프로빗모형

JEL 분류 : C25, Q51, Q57

접수일(2013년 8월 14일), 수정일(2013년 8월 24일), 게재확정일(2013년 8월 30일)

[†] 본 연구는 국토해양부 해양환경기술개발사업의 일환인 “하구역중합관리시스템 개발연구(No. 20100051)”의 지원으로 수행되었습니다.

* 대전대학교 디지털경제학과(e-mail: ycshin@daejin.ac.kr)

Estimating the Attribute Values of 4 Major River Estuaries in Korea -Focusing on Testing for the IIA Assumption in MNL Model and the Alternative Models-

Youngchul Shin*

ABSTRACT : This study applied choice experiment(CE) method(which is included in the stated preference method) to estimate values of some important attributes(i.e. type of estuary, water quality of river in estuary, water quality of sea in estuary, biodiversity level of estuary) of 4 major river(Hangang, Guemgang, Yeongsangang, Nakdonggang) estuaries in Korea. Although the multinomial logit model (MNL) is generally applied to analyse the CE data, testing for IIA assumption with the Hausman and McFadden test in MNL model shows that the IIA assumption in our data is rejected. Therefore, the heteroscedastic extreme value model(HEV) and the multinomial probit model(MNP) which are not based on the IIA assumption are used to analyse our CE data. As results, the coefficients and the elicited economic values of MNL model are seriously distorted if the IIA assumption is not satisfied in MNL model. The estimation results of MNP model show that the economic values are elicited as 352.3 billion won(95% C.I. 261.1 - 477.8 billion won) for natural estuary, 411.5 billion won(95% C.I. 338.5 - 525.5 billion won) for one grade improvement of river water quality in estuary, 358.9 billion won(95% C.I. 292.5 - 457.0 billion won) for one grade improvement of sea water quality in estuary, and 151.9 billion won(95% C.I. 99.0 - 218.6 billion won) for one grade improvement of biodiversity level of estuary. Therefore, the value of estuary is reached to 2,197.0 billion won(95% C.I. 1,721.0 - 2,879.9 billion won) if any natural estuary in 4 major rivers has good water quality of river in estuary(i.e. 2nd grade), good water quality of sea in estuary(i.e. 1st grade), and good biodiversity level of estuary.

Keywords : 4 major river estuary, Choice experiment method(CE), Multinomial logit model(MNL), Heteroscedastic extreme value model(HEV), Multinomial probit model(MNP)

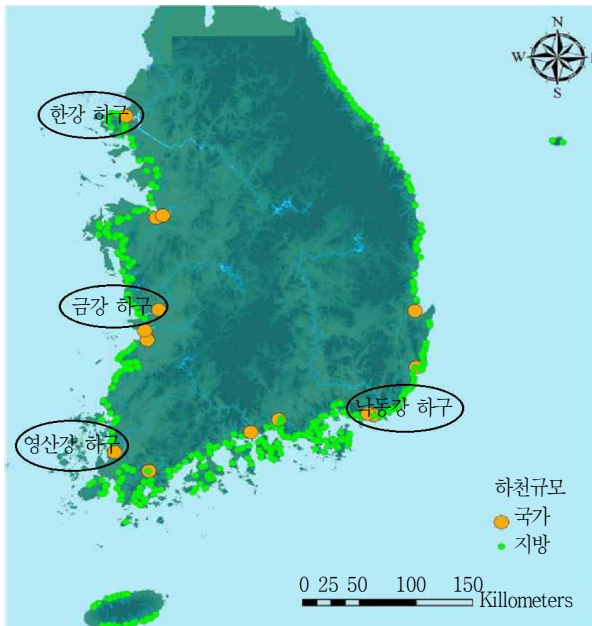
Received: August 14, 2013. Revised: August 24, 2013. Accepted: August 30, 2013.

* Department of Digital Economics, Daejin University (e-mail: yeshin@daejin.ac.kr)

I. 서론

하구(河口)는 하천의 담수와 바다의 해수가 만나 혼합되는 전이수역으로 육지와 바다를 연결하는 통로라 할 수 있다. 따라서 하구에서는 물리적으로 조석, 파랑 및 하천 유량이 동시다발적으로 영향을 미치고, 화학적으로는 육성(陸性)과 해성(海性)이 공존하는 매우 역동적인 환경이다. 이렇듯 복잡한 환경은 다양한 서식지 형성에 기여하여, 하구는 단순한 미생물로부터 대형 동, 식물에 이르기까지 크고 작은 다양한 생물들이 서식하는 공간으로 활용되고 있으며, 육지로부터 공급받는 영양염으로 인해 매우 생산적인 시스템으로 알려져 있다. 갯벌이나 염습지와 같은 하구습지는 또한 육상기원의 오염물질을 정화하고 홍수나 해일과 같은 수해를 완화시키는 역할을 한다. 이외에도 하구에는 내륙과 해양의 다양한 문화유산과 문화 교류지가 있고 현재도 다양한 레저 활동과 물류 이동의 공간으로 사용되고 있으며, 이용 범위와 강도가 점진적으로 증가하고 있는 상황이다.

<그림 1> 우리나라 하천 하구 및 4대강 하구의 위치



우리나라에는 4대강을 포함한 14개의 국가하천 및 449개의 지방하천 등 총 463개의 하구가 존재한다(<그림 1>). 이 중 자연하구(열린 하구)는 235개로 전체의 52%를 차지하고 나머지 48%는 하구둑, 제방, 갑문 등으로 인해 하구순환이 차단된 인공하구(닫힌 하구)이다. 특히 금강, 영산강, 낙동강 등은 이미 하구둑이 건설된 인공하구이고, 한강하구는 자연하구이지만 수중보가 설치되어 있어 고유의 하구순환은 훼손된 상태이다(노백호 외, 2006).

하구의 다양한 기능에 따라 그 가치를 평가하는 방법은 차이가 있을 수 있다. 그런데 본 연구에서 평가하고자 하는 하구의 유형, 하구 하천의 수질, 하구 해수역 수질, 생물다양성 수준은 이용가치(use value)와 더불어 비이용가치(non-use value)가 포함된다고 볼 수 있다. 그러므로 이용가치뿐만 아니라 비이용가치를 포함한 총가치의 추정에 일반적으로 이용되는 진술선호법(stated preference method, SP)으로 하구의 주요 속성과 그 수준의 가치에 접근할 필요가 있다.

국내 하구의 가치 평가를 위해 진술선호법을 적용한 연구에는 조건부가치측정법(contingent valuation method, CVM)을 이용한 연구와 선택실험법(choice experiment, CE)¹⁾을 활용한 연구가 있다.

조건부가치측정법(CVM)을 이용한 연구에는 섬진강 하구를 대상으로 한 유승훈(2007a)의 연구, 낙동강 하구를 대상으로 한 유승훈(2007b)의 연구가 있으며, 하구 습지를 대상으로 한 연구에는 한강, 금강, 낙동강 하구습지에 대한 신영철 외(2009)의 연구가 있다. 그리고 선택실험법(CE)을 이용한 연구에는 곽승준 외(2006)의 한강하구를 대상으로 한 연구가 있을 뿐이다.

한편 진술선호법(SP)이 아닌 방법으로 추정된 하구의 가치 측정 관련 연구에는 여행비용법(travel cost method)을 적용하여 영산강 하구의 방문편익을 추정된 신영철(2012)의 연구와 하구 습지에 대해 메타회귀분석(meta regression)을 이용한 안소은(2007) 및 신영철(2010)의 연구가 있다.

1) 선택실험법은 컨조인트(conjoint) 분석으로 불리기도 한다. 컨조인트 분석에서 선택대안의 등급화(ranking) 또는 점수화(rating)도 포함하지만, 선택실험법은 선택대안에 대한 이산적 선택만을 자료화하는 특징을 가진 방법론을 지칭한다. 또한 다른 분야에서 이용되었던 컨조인트 분석에는 지불금액의 속성이 변수로 포함되지 않았지만, 환경자원의 가치 평가에 활용되기 위해서는 지불금액이라는 속성이 포함되게 되었다는 차이점도 있다.(Bennett, J. and R. Blamey, 2001)

본 연구는 진술선호법에 속하는 선택실험법(CE)을 이용하여 4대강 하구의 중요 속성 및 수준의 가치를 평가하고자 한다. 그리고 선택실험법(CE)에서 얻어진 자료를 분석할 때 일반적으로 이용되는 다항로짓모형(multinomial logit model, MNL)이 기초하고 있는 무관 대안으로부터의 독립성(independence of irrelevant alternatives, IIA) 가정의 성립 여부를 Hausman과 McFadden(1984)이 제안한 방식으로 검토하고자 한다. 또한 선택 대안들의 오차항과 관련된 IIA 가정을 완화시키는 이분산극치모형(heteroscedastic extreme value model, HEV)과 다항프로빗모형(multinomial probit model, MNP)으로 분석하여, IIA 가정이 충족되지 않는 자료에 대해 다항로짓모형(MNL)으로 분석하는 경우 그로부터 도출되는 결과의 왜곡 여부를 검토하고자 한다.

이와 같은 연구의 목적을 달성하기 위한 논문의 구성은 다음과 같다. II 장에서는 하구의 중요 속성 및 수준의 경제적 가치를 평가하기 위한 선택실험법 설문 설계와 조사 설계에 대해 소개한다. III 장에서는 선택실험법을 적용한 조사로부터 얻을 수 있는 자료의 분석에 이용할 수 있는 모형에 대해 설명하고, IV 장 실증분석에서는 먼저 IIA 가정의 성립 여부를 검토하고, 모형들의 추정 결과를 비교하여 왜곡 여부를 확인한다. 그리고 본 연구의 자료에 적합한 모형의 추정 결과로부터 하구의 중요 속성별 수준별 경제적 가치를 추정한다. V 장에서는 논문의 내용을 요약하고 향후 연구의 방향을 제시하고자 한다.

II. 설문 및 조사 설계

1. 설문 설계

선택실험법(CE)에 이용하는 설문은 진술선호법에서 사용되는 방식에 따라 가치 평가 대상 재화에 대한 인식이나 태도 및 방문 경험 등에 대한 질문, 하구의 다양한 속성·수준별 가치를 추정하기 위한 선택 대안들에 대한 질문, 응답자의 사회경제적 특성에 대한 질문으로 구성된다. 여기서는 선택실험법에서 하구의 속성·수준별 가치 추정을 위한 속성 및 수준의 선택과 선택대안 및 선택대안 집합 선정에 대해서 자세히 설명한다.

1) 속성 및 수준의 선택

4대강 하구와 관련된 주요 속성 및 수준을 확정하기 위하여, 기존 연구들에 대한 검토와 전문가들의 의견을 함께 하구역종합관리시스템 개발이라는 정책적 목적을 고려하여 하구의 속성을 4가지로 정하였다. 여기에는 대상 재화와 관련하여 사람들이 선호를 갖고 있을 것이라 생각되는 요소들이나 정책에 의해 영향을 받게 되는 속성 및 수준들을 고려하게 된다. 이렇게 선정한 하구의 속성 및 수준에 대해서는 사전조사를 통하여 의도한 대로 속성 및 수준들의 가치가 추정되는지를 검토하여, 최종적으로 하구의 속성과 수준을 결정하였다.

하구의 중요 속성에는 하구 유형(인공하구 또는 자연하구), 하구 하천 수질 수준, 하구 해수역 수질 수준, 생물다양성 수준 이외에도 다양한 것들이 생각될 수 있었지만, 일반인들이 어렵지 않게 인식할 수 있을 뿐만 아니라 다른 연구를 통해 평가받지 못한 속성을 고려하여 하구의 속성으로 4가지를 선택하였다. 선택된 하구의 속성들의 수준과 관련해서는 하구 유형은 2단계로, 하구 하천 수질, 하구 해수역 수질, 생물다양성 수준은 가능하다고 평가되는 하구의 수준을 고려하여 3단계로 설정하였다.

먼저, 하구 유형으로는 자연하구와 인공하구가 있는데, 자연하구는 하구둑이 설치되지 않고 자연 그대로의 흐름을 가지고 있는 하구이며, 인공하구는 농업용수 공급 목적 등으로 하구둑을 설치하여 자연스러운 흐름을 차단한 형태의 하구이다.

둘째, 하구는 하천의 입구, 즉 하천이 바다 또는 큰 호수와 만나는 하천어귀이기 때문에, 하구에 유입되는 하천 수질은 하구의 중요 속성이 될 수 있다. 자연하구에 비해 인공하구의 경우는 하구둑에 의해 하천수와 해수가 분리되기에 더욱 하구 하천 수질이 분명하게 분리되어 평가될 수 있다. 하구의 하천 수질은 하구의 생태계는 물론 하구 주변의 생활환경 및 휴양관광 행태에도 적지 않은 영향을 주고 있다. 하구 하천의 수질을 현실적으로 가능한 수질 수준을 기준으로 하여 ‘좋은 수질(2급수)’을 상한으로 설정하였다. 왜냐하면 하천 수질 2급수는 수영, 낚시, 항해가 가능한 수준으로 약간 깨끗한 물로 현실적으로 4대강 하구에서 달성할 수 있는 수질 상한으로 볼 수 있기 때문이다. 또 낚시 및 항해가 가능한 약간 더러운 물 수준인 3급수를 ‘보통 수질’로 하고, 항해만 가능한 정도로 더러운 물인 4급 이하를 ‘나쁜 수질’ 수준으로 구분하였다.

셋째, 하구 해수역 수질은 하구 하천 수질과 더불어 하구의 환경을 결정하는 중요 속성이다. 하구의 생태계와 더불어 하구 주변의 생활환경 및 휴양관광 행태에 하구 하천 수질과 마찬가지로 영향을 미치고 있다. 4대강 하구의 해수역 수질의 상한은 청정 해역 수생산물의 서식 및 양식, 산란에 적합한 해수 1등급을 ‘좋은 수질’로 구분하고, 1등급 수질 수산생물을 제외한 수산생물의 서식 및 양식이 가능하고 해양 관광 및 여가선용에 적합(해수욕 포함)한 해수 2등급을 ‘보통 수질’로 평가하고, 선박의 정박만 가능하고 공업용 냉각수로 이용 가능한 정도의 해수 3등급은 ‘나쁜 수질’ 수준으로 구분하였다.

넷째, 하구의 생물다양성 수준은 여러 가지 형태로 평가될 수 있지만, 일반인들이 평가의 편이성 등을 고려하여 서식처의 다양성을 기준으로 구분하였다.²⁾ 서식처의 다양성이 수준으로 생물다양성의 수준을 ‘높음’, ‘보통’, ‘낮음’의 3가지 수준으로 구분하였다.

결과적으로 4대강 하구의 속성인 하구 유형, 하구 하천 수질 수준, 하구 해수역 수질 수준, 생물다양성 수준은 <표 1>에 정리되어 있다.

한편 하구 속성 및 수준의 가치를 평가하기 위해 포함되는 가격 역할을 해주는 변수로 4대강 하구 보전을 위한 부담금이라는 속성을 정의할 수 있다. 4대강 하구 보전 위한 부담금은 하구의 속성에 속하지 않지만, 선택실험법(CE)을 이용하여 4대강 하구의 속성 및 수준별 가치를 추정하고자 하는 경우 응답자들이 선택해야 하는 선택대안들(choice profiles)을 만들 때 하나의 속성으로 제시된다. 앞서 언급한 4가지의 속성의 특정 수준을 가진 하구의 보전을 위해 보전 부담금 일정액을 내는 것이 하나의 선택 대안으로 응답자에게 제시된다. 기존의 연구 및 사전 조사 결과의 해당 4대강 하구에 대한 지불의사금액 분포를 고려하여, 4년 동안 한시적으로 매년 지불하는 부담금으로 2,000원, 5,000원, 10,000원, 20,000원의 네 가지 수준을 이용하였다. 부담금³⁾이

2) 하구의 생물다양성에 대한 수준에 대한 설명에 적절한 사진 등의 시각적 자료를 사용하는 것을 검토하였지만, 각 수준을 대표할 수 있는 시각적 사진을 선정하기가 쉽지 않다는 판단으로 서식처의 다양성이라는 기준으로 일반인들에게 수준의 차이를 이해하도록 하였다. 그러나 적절한 시각적 자료가 정보의 왜곡 없이 수준에 대한 정보를 전달할 수 있다고 판단되는 경우에는 응답자의 이해를 위해 이용하는 것이 바람직하다.

3) 부담금은 넓은 뜻으로는 임의부담금도 포함하나 좁은 뜻으로는 강제부담금만을 말한다. 조세와 부담금이 강제부담이라는 공법상의 금전급여의무인 점에서는 같으나, ① 조세는 국가나 공공단체의 일반수입을 목적으로 하는 데 비하여 부담금은 특정사업의 경비에 충당함을 목적으로 하는 점, ② 조세는 일반국민에게 균등하게 부과되는 데 비하여 부담금은 당해사업에 특별한 이해관계를 가진 사람에게만 부과되는 점, ③ 조세는 개인의 담세능력을 표준으로 하여 과하는 데 비하여, 부담금은 사업소요경비·부담자

란 지불수단은 ‘공익사업경비를 그 사업에 이해관계를 가진 사람에게 부담시키기 위하여 과하는 공법상의 금전급여의무’를 의미한다. 수도 요금에 포함되어 부과되는 수질개선부담금과 같이 응답자들에게 특정 목적을 위해 의무적으로 부담하는 비용으로 대상 재화에 대한 지불이라는 목적성과 강제적 부과라는 성격을 동시에 가지고 있어, 진술번호법 설문에서 지불수단으로 이용되기에 적절하다고 판단되었다.

<표 1> 하구의 주요 속성 및 수준

속성	수준	정의
하구 유형	자연하구	- 자연 하구
	인공하구	- 하구독에 의해 흐름이 차단된 하구
하구 하천 수질	좋은 수질 (2급수)	- 약간 깨끗한 물 - 수영/낚시/항해 가능
	보통 수질 (3급수)	- 약간 더러운 물 - 낚시/항해 가능
	나쁜 수질 (4급수 이하)	- 더러운 물 - 항해 가능
하구 해수역 수질	좋은 수질 (1등급)	- 청정 해역 수산생물의 서식 및 양식, 산란에 적합
	보통 수질 (2등급)	- 해양 관광 및 여가선용 적합(해수욕 포함) - 1등급 수질 수산생물 제외 수산생물의 서식 및 양식
	나쁜 수질 (3등급)	- 선박의 정박 - 공업용 냉각수 이용
생물다양성 수준	높음	- 서식처의 다양성이 높은 경우
	보통	- 서식처의 다양성이 보통인 경우
	낮음	- 서식처의 다양성이 떨어지는 경우

2) 선택대안 및 선택대안 집합 선정

특정한 속성의 수준을 갖는 4대강 하구와 그 하구를 보전하기 위한 부담금으로 이루어진 선택대안(choice profiles or choice alternatives) 및 선택대안 집합(choice sets)의 구성을 위해, SPSS의 주효과 직교설계(main effect orthogonal design)를 실시하였다. 본 조사에서는 설문 당시 응답자들에게는 주효과 직교설계를 통해 작성

의 재력·사업과의 관계의 정도 등을 종합적 표준으로 하여 부과하는 점에 차이가 있다.(네이버 백과사전)

된 5가지의 속성으로 이루어진 선택대안 2개와 ‘둘 다 선호하지 않음’이라는 1가지의 선택대안을 포함하여 총 3개의 선택대안이 제시되었다. 전체 가능한 선택대안집합을 모두 고려하는 것은 현실적으로 불가능하기 때문에, 주효과 직교설계를 실시하여 32개의 선택대안 집합을 도출하였다. 이들 선택대안집합들은 한 응답자가 답변하기에는 많은 분량이므로, 4개의 블록으로 배분하여 8가지 유형의 선택대안집합이 만들어졌다.⁴⁾

2. 조사 설계

본 연구는 4대강 하구의 중요 속성에 대한 가치 평가를 위하여 전국조사를 수행한다. 2012년 9월 주민등록인구를 기초하여 전국을 대표할 수 있는 표본을 지역으로 분할하여 조사하였다. 표본수는 1,200명을 대상으로 하였고, 지역별, 연령대별, 성별 구성비를 고려하였다. 조사 대상 연령대는 조사 설문의 난이도 등을 감안하여 20세 이상 64세 이하로 하였다.

설문 조사 방식은 본조사에서 설문조사 전문기관에 의뢰하여 인터넷조사 방법을 이용하였다. 인터넷 조사의 경우 설문조사 기관에서 관리하는 패널의 모집단에 대한 대표성 문제와 더불어 설문 진행 중 응답을 포기한 사람에 대한 정보 확보의 어려움 등이 약점이 될 수 있다. 하지만 인터넷 조사 방식은 선택실험법(CE) 설문의 이해를 돕기 위한 필요한 시각적 자료를 충분히 제공하여 설명력을 높일 수 있고, 응답자가 선택대안을 충분히 생각하고 결정하도록 하는 장점이 있을 수 있다고 판단되었다.

III. 선택실험 모형

1. 확률효용모형(RUM)과 다항로짓모형(MNL)⁵⁾

실험선택법(CE) 기법은 두 가지에 기초하고 있다. 첫 번째는 Lancaster의 속성별

4) 선택대안 및 선택대안 집합의 예는 <부표 1>을 참고할 수 있다.

5) 선택실험 모형에 대한 설명은 Champ et al.(2003), Hensher et al.(2005), 박현 외(2005) 및 신영철(2007a, 2007b, 2010)을 참고하여 작성하였다.

가치 이론(Lancaster, 1966)으로서 모든 재화는 속성들과 그 속성들의 수준의 묶음으로 묘사될 수 있다는 것이다. 예를 들어, 자동차의 경우는 엔진의 배기량, 색상, 안전도 등급, 성능 및 기타의 특성들로 설명될 수 있다. 그러므로 재화의 가치는 속성 가치들의 합으로 나타난다. 두 번째는 확률효용모형(random utility model, RUM)으로서 선택과 관련하여 관측 가능한 정형화된 효용 부분과 관측이 불가능한 오차 부분으로 나누어져 있다는 것이다.

실험선택법(CE)은 4대강 하구의 속성별 지불의사액을 추정하기 위해 확률효용모형(random utility model, RUM)을 이용하여 정형화할 수 있다. McFadden(1974)에 의해 개발된 다항로짓모형(MNL)은 4대강 하구의 다양한 속성 변수들이 어떻게 응답자의 선택확률에 영향을 주는지를 모형화하는데 있어 통계적인 체계를 제공한다.

이 모형에서 가장 기본이 되는 것은 간접효용함수이다. 응답자 i 가 선택대안 집합 C_i 내의 한 선택대안 j 로부터 얻는 간접효용함수는 다음과 같이 표현될 수 있다.

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

여기서 V_{ij} 는 관측이 가능한 정형화된(deterministic) 부분이고, ϵ_{ij} 는 관측이 불가능한 확률적(stochastic) 부분이다. V_{ij} 는 현재의 선택대안과 가상의 선택대안들의 속성들(Z_{ij})과 개별 응답자들의 특성치들(S_i)의 함수이다.

응답자 i 가 선택대안 집합 C_i 내의 j 번째 대안이 아닌 모든 대안들에 대해 $U_{ij} > U_{ik}$ 을 만족한다면, 선택대안 j 를 선택할 것이다. 이 때, 응답자 i 가 선택대안 j 를 선택할 확률은 다음과 같이 주어진다.

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

식 (2)를 추정하기 위해서는 오차항의 분포에 대한 가정이 이루어져야 한다. 조건부로짓모형(conditional logit model) 또는 다항로짓모형(MNL)에서 오차항은 통상 독립적(independent)이며 일치적(identical)인 제 I형태 극치 분포(Type I extreme

value distribution)를 따른다고 가정된다(McFadden, 1974). 이 경우 응답자 i 가 선택대안 j 를 선택할 확률은 다음과 같이 표현될 수 있다.

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

여기서 μ 는 척도 모수인데, 일반적으로 $\mu=1$ 라고 가정한다. 응답자 i 가 선택대안 j 를 선택하는지 여부와 관련하여 d_{ij} 를 다음과 같이 정의한다.

$$d_{ij} = \begin{cases} 1 : \text{응답자 } i \text{가 선택대안 } j \text{ 선택하는 경우} \\ 0 : \text{그 이외의 경우} \end{cases} \quad (4)$$

이 때 다항로짓모형의 로그 우도함수는 다음과 같다.

$$\ln L = \sum_i \sum_{j \in C} d_{ij} (V_{ij} - \ln \sum_{k \in C} V_{ik}) \quad (5)$$

2. 이분산극치모형(HEV) 및 다항프로빗모형(MNP)

다항로짓모형(MNL)은 오차항에 대한 가정으로부터 IIA라는 비현실적인 가정에 기초하게 되는 약점을 지니고 있다. 이와 같은 오차항의 제약을 완화할 수 있는 모형으로는 오차항의 이분산성을 인정하는 Bhat(1995)에 의해 제안된 이분산극치모형(HEV) 또는 오차항의 이분산성과 동시에 상관관계를 허용하는 다항프로빗모형(MNP) 등을 고려할 수 있다.⁶⁾

먼저 이분산극치모형(HEV)에서는 오차항의 확률밀도함수는 척도 매개변수(scale

6) 이 외에도 네스티드로짓모형(nested logit model) 및 혼합로짓모형(mixed logit model)도 고려될 수 있다. 본 연구에서는 선택대안들의 오차항에 대한 다항로짓모형(MNL)의 기본적인 가정인 IID(동일하고 독립적인 분포) 성격을 완화한 모형인 이분산극치모형(HEV)과 다항프로빗모형(MNP)에 한정하여 분석한다. 왜냐하면 네스티드로짓모형의 경우 군집화에 대한 결정이, 그리고 혼합로짓모형의 경우 확률계수(random coefficient)의 선택과 그 계수의 분포 가정이 다양한 결과를 가져올 수 있기 때문이다. 혼합로짓모형에 대한 자세한 내용은 Train(2003), 김용주(2007) 및 유병국(2012)을 참조.

parameter) $\delta_j (= \frac{1}{\theta_j})$ 의 역수인 precision parameter θ_j 인 유형 1 극치 분포이다.

$$F(\epsilon_j) = \exp(-\exp(-\theta_j \epsilon_j)) \quad (6)$$

그러므로 오차항은 독립적이지만 동일한 분포를 갖는 것은 아니다. 즉, 오차항의 평균은 0이지만 분산은 $\frac{\pi}{(6\theta_j^2)}$ 이다. 이때 응답자 i 가 선택대안 j 를 선택할 확률은 다음과 같다.

$$P_i(j) = \int_{-\infty}^{\infty} \prod_{k \neq j} F[\theta_k(V_j - V_k + \epsilon_j)] \theta_j f(\theta_j \epsilon_j) d\epsilon_j \quad (7)$$

여기서 $f(t)$ 는 확률밀도함수이다.

한편 다항프로빗모형(MNP)에서는 오차항들의 결합 분포는 다변량 정규분포(multivariate normal)이며, 평균 0인 평균 벡터와 공분산 행렬 Σ 을 갖는 확률밀도함수는 다음과 같다.⁷⁾

$$f(\epsilon_i) = \frac{1}{(2\pi)^{j/2} |\Sigma|^{1/2}} \exp[-0.5 \epsilon_i' \Sigma^{-1} \epsilon_i] \quad (8)$$

여기서 선택대안 j 를 선택할 확률은 다음과 같다.

$$P_i(j) = F(\epsilon_i) = \int_{\epsilon_i} f(\epsilon_i) d\epsilon_i \quad (9)$$

공분산 행렬으로 상관관계 및 이분산성의 다양한 형태를 가질 수 있기 때문에, 다항로짓모형(MNL)의 IID 및 IIA 가정은 완화될 수 있다.

7) 다항프로빗모형(MNP)에 대한 자세한 내용은 Train(2003) 및 박상수·이충기(2011) 참조.

3. 속성의 가치 추정 방법

식 (5)은 로그우도함수(log-likelihood function)를 극대화하는 최우법(maximum likelihood procedure)을 이용하여 속성의 계수값들을 추정할 수 있다. 즉, 4대강 하구 중 특정 속성을 갖는 하구의 경제적 효용을 측정하기 위한 추정식은 식(10)과 같이 설정될 수 있다.

$$V_{ij} = \gamma_1 Z_{1,ij} + \gamma_2 Z_{2,ij} + \gamma_3 Z_{3,ij} + \gamma_4 Z_{4,ij} + \gamma_5 Z_{5,ij} \quad (10)$$

여기서 간접효용함수는 $Z = (Z_1, Z_2, Z_3, Z_4, Z_5) =$ (자연하구 여부, 하구 하천 수질, 하구 해수역 수질, 생물다양성 수준, 4대강 하구의 보전 위한 부담금)의 선형함수로 표현된다. γ_1 부터 γ_5 는 응답자의 효용에 영향을 미치는 개별 속성변수들에 대한 추정계수들이다.

이 때 자연하구 여부와 같이 두 가지 수준이 있는 경우 해당 수준을 갖는 경우 1을 배정하고 다른 수준이 아닌 경우(분석의 기준 수준)에 대해서는 -1을 배정하는 효과 코딩(effect coding) 방식을 이용하였다. 마찬가지로 하구 하천 수질, 하구 해수역 수질, 생물다양성 수준의 경우는 3단계의 수준으로 설정하기 때문에, 효과 코딩 방식에 따라 낮음 또는 나쁨 수준은 -1, 보통 수준은 0, 높음 또는 좋음 수준은 1을 배정하였다. 효과 코딩 방식은 실험선택법에서 상수항과 상관되지 않게 해주기 때문에, 현재 상태 또는 기준 상태의 가치를 추정할 수 있도록 해 줄 수 있다(Champ et al., 2003; Hensher et al., 2005). 한편 4대강 하구의 보전을 위한 부담금은 제시된 금액을 연속값으로 취급하였다.

이때, 개별 편익 속성변수들의 현재수준으로부터 한 단위 증가(개선)에 대한 한계 지불의사액(marginal willingness-to-pay; MWTP)은 식 (10)를 전미분함으로서 다음과 같이 얻을 수 있다. 단, 효과 코딩방식을 이용하였기에 특정 수준을 갖는 경우의 값과 기준에 해당하는 값의 차이를 한계지불의사액으로 해석하여야 한다. 이때 속성가치를 추정하기 위해 기준에 해당하는 값은 선택대안으로 현재 상태를 선택한 경우에 배정되는 값으로, 하구의 각 속성에서 고려되고 있는 수준 중 가장 효용이

낮을 것으로 생각되는 수준으로 설정된다.⁸⁾

$$\begin{aligned}
 MWTP_{\text{자연하구여부더미}} &= dZ_5/dZ_1 = -\gamma_1/\gamma_5 \\
 MWTP_{\text{하구하천수질수준}} &= dZ_5/dZ_2 = -\gamma_2/\gamma_5 \\
 MWTP_{\text{하구해수역수질수준}} &= dZ_5/dZ_3 = -\gamma_3/\gamma_5 \\
 MWTP_{\text{생물다양성수준}} &= dZ_5/dZ_4 = -\gamma_4/\gamma_5
 \end{aligned}
 \tag{11}$$

IV. 실증 분석

본 조사에서는 전국을 제주도를 제외한 15대 권역으로 분할하여 성별, 연령별 구성 비율을 고려하여 1,200명의 설문조사를 하였다. 각 표본마다 특정 속성을 갖는 4대강 하구와 4대강 하구 보전 부담금에 대한 선택대안집합 4개의 선택형 질문을 한 응답자에게 한 결과, 총 4,800개의 선택 자료를 얻어 분석에 이용하였다.

1. IIA 가정의 성립 여부 검토

선택실험법(CE)을 이용하여 얻어진 자료에 대해 대부분의 연구들이 로지스틱분포를 가정한 다항로짓모형(MNL)으로 분석하였다. 그러나 다항로짓모형(MNL)은 선택확률의 도출이 어렵지 않은 장점을 지니는 반면, IIA라는 너무 제약적인 가정에 기초하고 있다는 약점을 가지고 있다. 그 결과 대안들의 대체관계가 현실적이지 못하다는 문제점을 가지고 있다(McFadden, 1984). IIA는 오차항이 독립적이고 동일한 분산을 갖는 분포(independent identically distributed, IID)를 갖는다는 가정으로부터 도출된 특성이며, 특정 두 대안들의 선택 확률의 비율은 다른 대안들에 의존하지 않는다는 것이다. 그러므로 다항로짓모형(MNL)에서는 두 대안들의 선택 확률의 비율은 다른 대안들에 상관없이 항상 일정한 성격을 가진다. 이러한 성격은 두 대안에

8) 효과코딩 방식을 이용하여 속성의 수준들을 하나의 연속적인 변수로 취급하지 않고, 다른 변수로 취급하여 수준별 한계지불의사금액을 따로 추정하는 것도 가능하다. 이 경우 수준별 한계지불의사금액이 동일하지 않게 추정할 수 있는 장점을 지니지만, 연고자 하는 수준별 한계지불의사금액의 유의한 값을 얻지 못할 가능성도 있다.

영향을 줄 수 있는 대안이 고려되는 경우에도 그대로 유지되기에 다항로짓모형(MNL)의 큰 한계로 작용한다.

다항로짓모형(MNL)에서 IIA의 성립 여부를 검토하기 위하여 Hausman과 McFadden (1984)이 제안한 방법을 이용할 수 있다. 이 방법은 IIA 가정이 성립된다면, 선택 대안을 모두 포함한 모형과 그 중 한 가지 선택 대안을 제외하고 추정한 모형의 계수가 통계적으로 유의하게 다르지 않다는 점에 착안하였다. 그러므로 Hausman과 McFadden (1984)이 IIA 가정의 성립 여부를 검토하는 검정 통계량으로 다음을 제시하였다.

$$(b_c - b_u)' [COV(b_c) - COV(b_u)]^{-1} (b_c - b_u) \quad (12)$$

여기서 b_c 와 b_u 는 각각 제약모형으로 도출된 추정 계수값과 제약이 없는 모형에서 추정된 계수값이다. 그리고 $COV(b_c)$ 및 $COV(b_u)$ 는 각각 b_c 와 b_u 의 공분산 행렬이다. 이 검정 통계량은 제약된 모형에서 추정되는 추정 계수의 수와 동일한 자유도를 갖는 점근적 X^2 분포에 따른다.

이 방식을 따라 선택대안인 대안1(C1), 대안2(C2), 대안3(C3)을 각각 제외시키고 다항로짓모형(MNL)을 추정한 결과는 <표 2>와 같다. 그 결과를 활용하여 원래 그와 같은 제약이 없는 다항로짓모형(MNL)의 추정 결과와 함께 고려한 결과는 유의수준 1% 수준에서 모든 경우에 IIA 가정이 기각된다. 즉, 본 연구에서 이용하고 있는 선택실험법에 의해 얻어진 자료는 다항로짓모형(MNL)의 기본 가정인 IIA를 충족하지 못한다는 사실을 확인할 수 있다. 그러므로 IIA가 성립하지 않는 자료에 대해서는 IIA와 관련된 오차항의 독립성 및 동일성을 완화한 모형으로 추정하는 것이 적절하다.

선택대안의 오차항과 관련하여 이분산성을 허용하는 모형으로는 이분산극치모형(HEV)이 있으며, 오차항의 이분산성 및 상관관계를 허용하는 모형에는 다항프로빗모형(MNP)를 고려할 수 있다.

<표 2> IIA 가정의 검증 결과

변수	변수 설명 (변수의 단위 및 코딩 정보)	MNL 원모형	검증을 위해 제외한 대안		
			대안1(C1)	대안2(C2)	대안3(C3)
C_TY	자연하구 더미 (인공하구 = -1, 자연하구 = 1)	0.096579 (4.76)***	0.104147 (3.17)***	0.107263 (3.34)***	0.186873 (6.60)***
C_RL	하구 하천 수질 수준 (나쁜 수질 = -1, 보통 수질 = 0, 좋은 수질 = 1)	0.287648 (11.79)***	0.305738 (7.66)***	0.221306 (5.44)***	0.499708 (13.67)***
C_SL	하구 해수역 수질 수준 (나쁜 수질 = -1, 보통 수질 = 0, 좋은 수질 = 1)	0.254361 (9.86)***	0.167161 (4.17)***	0.15912 (3.69)***	0.483563 (13.42)***
C_DL	생물다양성 수준 (낮음 = -1, 보통 = 0, 높음 = 1)	-0.04114 (-1.56)	-0.03119 (-0.77)***	-0.07791 (-1.89)***	0.201735 (5.32)***
C_LV	4대강 하구 보전 부담금 (단위: 원)	-0.000053 (-16.99)***	-0.0000569 (-12.13)***	-0.0000492 (-10.42)***	-0.0000389 (-9.24)***
로그 우도		- 5,043.137	-2238.091	-2189.455	-1811.185
제외된 관찰치의 수		-	1,430	1,545	1,825
Hausman & McFadden 검정 통계량: χ^2		-	32.29	42.71	157.81
자유도		-	5	5	5
Pr(C > c)		-	0.000005	0.000000	0.000000
IIA 가정의 기각 여부		-	기각	기각	기각

주 1) ***는 유의수준 1%에서 통계적으로 유의함을 의미함.

2) 괄호안의 값은 t값임.

2. 모형 추정 결과

다항로짓모형(MNL), 이분산극치모형(HEV) 및 다항프로빗모형(MNP)에 의한 추정 결과는 <표 3>에 제시되어 있다. 다항로짓모형(MNL)의 경우 변수들의 계수 중 하구 생물다양성 수준 계수가 예상과 달리 음(-)의 값을 가지고 있지만, 통계적으로 유의하지 않다. 그러나 이분산극치모형(HEV) 및 다항프로빗모형(MNP)에서는 하구 생물다양성 수준 계수가 예상대로 양(+)의 값을 가지며, 1% 유의수준에서 통계적으로 유의하다. 그 이외의 변수들도 모두 유의수준 1%에서 통계적으로 유의하며 부호도 예상과 다르지 않다.

이 모형들에서 계수값이 양(+)의 값이라는 것은 해당 속성의 수준이 증가함에 따

<표 3> 4대강 하구의 속성 모형 추정결과

변수	변수 설명	추정계수		
		MNL	HEV	MNP
C_TY	자연하구 더미	0.096579 (4.76)***	0.09341 (9.23)***	0.071404 (8.52)***
C_RL	하구 하천 수질 수준	0.287648 (11.79)***	0.213317 (16.12)***	0.16681 (13.84)***
C_SL	하구 해수역 수질 수준	0.254361 (9.86)***	0.180946 (12.86)***	0.145463 (11.53)***
C_DL	생물다양성 수준	-0.04114 (-1.56)	0.078388 (5.97)***	0.061582 (5.74)***
C_LV	4대강 하구 보전 부담금	-0.000053 (-16.99)***	-0.0000169 (-8.69)***	-0.0000137 (-8.25)***
s[C1]	대안1(C1)의 표준편차	-	0.497638 (9.64)***	0.965665 (30.34)***
s[C2]	대안2(C2)의 표준편차	-	0.53721 (9.37)***	1
s[C3]	대안3(C3)의 표준편차	-	1.28255	1
r[C1,C2]	대안1(C1)과 대안2(C2)의 상관계수	-	-	0.844287 (37.72)***
관측치의 개수		4,800	4,800	4,800
로그-우도값		- 5,043.137	-4943.429	-4949.063

주 1) ***는 유의수준 1%에서 통계적으로 유의함을 의미함.

2) 괄호안의 값은 t값임.

라 응답자들의 선택 확률이 높아지는 것으로 해석할 수 있고, 그 반대의 경우인 음(-)의 값이라면 해당 속성이 수준이 증가함에 따라 응답자의 선택 확률이 낮아진다는 것을 의미한다. 그러므로 하구 유형이 자연하구인 경우, 하구 하천 수질 수준 및 하천 해수역 수질이 개선될수록 그리고 하구 생물다양성 수준이 높아질수록 응답자들의 선택 확률이 커지고, 4대강 하구 보전을 위한 부담금의 액수가 커지면 응답자들의 선택 확률이 작아진다.

이분산극치모형(HEV)에서 추정된 첫 번째 선택대안(C1) 및 두 번째 선택대안(C2)의 표준편차가 세 번째 선택대안(C3)의 표준편차와 서로 통계적으로 유의한 차이를 가지고 있어, 다항로짓모형(MNL)에서 가정된 IIA 가정의 부적절성을 확인할

수 있다. 그러므로 선택대안들 오차항의 이분산성(heteroscedasticity)을 알 수 있다. 또한 다항프로빗모형(MNP)에서 추정된 첫 번째 선택대안(C1)의 표준편차와 첫 번째와 두 번째 선택대안의 상관계수($r[C1,C2]$)도 1% 유의수준에서 통계적으로 유의하여 다항로짓모형(MNL)에서 가정된 IIA 가정의 부적절성이 확인된다. 이를 통해 선택대안들의 오차항의 이분산성과 더불어 상관관계도 알 수 있다.

그러므로 자료의 성격을 반영하지 못하는 IIA 가정을 전제로 하는 다항로짓모형(MNL)에 의한 추정 결과는 계수값을 비교할 때 결과를 상당히 왜곡할 수 있음을 확인할 수 있다.

3. 하구의 속성 및 수준의 경제적 가치 추정

개별 속성에서 보다 덜 선호되는 수준으로부터 한 단위 또는 한 수준의 개선을 하기 위한 응답자의 연간 한계지불의사액은 식 (11)에 의해 계산할 수 있다. 이 때의 95% 신뢰구간을 Krinsky and Robb(1986)이 제안한 몬테칼로 시뮬레이션(Monte Carlo simulation) 기법으로 5,000번 난수를 발생시켜 구하였다. 다항로짓모형(MNL), 이분산극치모형(HEV), 다항프로빗모형(MNP)에 의해 계산된 4대강 하구의 속성 및 수준별 지불의사금액(즉, 경제적 가치)는 다음 <표 4>에 제시되어 있다.

다항프로빗모형(MNP) 및 이분산극치모형(HEV)의 하구 주요 속성 수준별 가치는 거의 비슷하게 산정된 반면, IIA 가정에 근거하고 있는 다항로짓모형(MNL)의 결과와는 매우 큰 차이를 보인다. 다항프로빗모형(MNP) 및 이분산극치모형(HEV)으로부터 하구 주요 속성 수준별 한계지불의사액은 다항로짓모형(MNL)으로부터 도출된 값의 2.23~3.05배 수준이다. 이는 다항프로빗모형(MNP)으로부터 도출된 하구 주요 속성 수준별 한계지불의사액을 기준으로 할 경우 다항로짓모형(MNL)으로부터는 35~45% 수준이며, 하구 생물다양성 수준과 같이 극단적인 경우는 유의한 통계적 값을 얻지 못하는 왜곡 현상도 나타난다.

다항프로빗모형(MNP)의 추정 결과를 근거로 할 경우, 인공 하구에 비해 자연 하구일 경우 응답자들의 평균 지불의사금액은 10,425원(95% 신뢰구간 7,726원~14,139원) 높다. 4대강 하구의 하천 수질 등급이 높아질 때 한 등급당 12,177원(95% 신뢰구간

<표 4> 4대강 하구의 속성 및 수준별 개인 평균 한계지불의사금액

속성	수준 및 범위		지불의사액(원)		
			MNL	HEV	MNP
자연하구 여부	자연하구		3,624*** (2,167~5,056)	11,070*** (8,229~14,959)	10,425*** (7,726~14,139)
하구 하천 수질	수준 1	보통 수질 (3급수)	5,397*** (4,486~6,395)	12,640*** (10,412~16,026)	12,177*** (10,016~15,549)
	수준 2	좋은 수질 (2급수)	10,793*** (8,972~12,791)	25,279*** (20,824~32,052)	24,354*** (20,031~31,098)
하구 해수역 수질	수준 1	보통 수질 (2등급)	4,772*** (3,848~5,746)	10,722*** (8,699~13,598)	10,619*** (8,654~13,522)
	수준 2	좋은 수질 (1등급)	9,544*** (7,697~11,493)	21,443*** (17,398~27,197)	21,237*** (17,307~27,044)
하구 생물다양성 수준	수준 1	보통 수준	-	4,645*** (3,071~6,670)	4,495*** (2,928~6,467)
	수준 2	높은 수준	-	9,290*** (6,142~13,340)	8,991*** (5,857~12,933)

주 1) ***는 유의수준 1% 에서 통계적으로 유의함을 의미함.

2) 신뢰구간은 Krinsky and Robb(1986)이 제안한 몬테칼로 시뮬레이션 기법을 이용하여 계산하였으며, 난수발생의 횟수는 5,000회로 하였음. 신뢰구간으로부터 t값은 계산함.

10,016원~15,549원)을 더 지불할 의사를 가지고 있다. 그러므로 이 지불의사금액은 4대강 하구 하천 수질이 보통 수준(3급수)인 경우의 지불의사금액이며, 4대강 하구 하천 수질이 좋은 수질(2급수) 수준인 경우의 지불의사금액은 24,354원(95% 신뢰구간 20,031원~31,098원)이다. 한편 하구 해수역 수질의 등급이 높아지면 한 등급당 10,619원(95% 신뢰구간 8,654원~13,522원)을 더 지불하려고 한다. 따라서 이 지불의사금액은 4대강 하구 해수역 수질이 보통 수준(2등급)인 경우 개인 평균 지불의사금액이며, 4대강 하구 해수역 수질이 좋은 수질(1등급) 수준인 경우는 지불의사금액은 21,237원(95% 신뢰구간 17,307원~27,044원)이다. 하구 생물다양성 수준이 보통 일 때 개인 평균 지불의사금액은 4,495원(95% 신뢰구간 2,928원~6,467원)이며, 하구 생물다양성 수준이 높을 때 지불의사금액은 8,991원(95% 신뢰구간 5,857원~12,933원)으로 나타난다.

4대강 하구의 속성 및 수준별 개인 평균 지불의사금액을 모집단의 인구수를 고려

하여, 4대강 하구의 속성 및 수준별 경제적 가치로 환산할 수 있다. 본 연구의 모집단은 행정안전부에서 공개하는 2012년 9월 주민등록 인구통계에서 20세 이상 64세 이하에 해당하는 3,379만 6,388명이다. 그러므로 4대강 하구의 속성 및 수준별 개인 평균 지불의사금액에 이 모집단의 수를 곱하여 도출한 4대강 하구의 속성 및 수준별 경제적 가치는 다음 <표 5>에 제시되어 있다.

<표 5> 4대강 하구의 속성 및 수준별 경제적 가치

속성	수준 및 범위		지불의사액(억원)		
			MNL	HEV	MNP
자연하구 여부	자연하구		1,225 (732~1,709)	3,741 (2,781~ 5,056)	3,523 (2,611~ 4,778)
하구 하천 수질	수준 1	보통 수질 (3급수)	1,824 (1,516~2,161)	4,272 (3,519~5,416)	4,115 (3,385~5,255)
	수준 2	좋은 수질 (2급수)	3,648 (3,032~4,323)	8,544 (7,038~10,832)	8,231 (6,770~10,510)
하구 해수역 수질	수준 1	보통 수질 (2등급)	1,824 (1,301~1,942)	3,624 (2,940~4,596)	3,589 (2,925~4,570)
	수준 2	좋은 수질 (1등급)	3,648 (2,601~3,884)	7,247 (5,880~9,192)	7,176 (5,849~9,140)
하구 생물다양성 수준	수준 1	보통 수준	-	1,570 (1,038~2,254)	1,519 (990~2,186)
	수준 2	높은 수준	-	3,140 (2,076~4,509)	3,039 (1,979~4,371)
하구	이상적 하구 속성		8,098 (6,366~9,916)	22,671 (17,775~29,588)	21,970 (17,210~28,799)

주) 괄호안의 값은 95% 신뢰구간임.

다항프로빗모형(MNP)의 하구 속성 수준별 경제적 가치는 이분산극치모형(HEV)과 큰 차이를 보이지 않지만, 다항로짓모형(MNI)은 개인 지불의사금액과 마찬가지로 35~45% 수준에 머물거나 극단적인 경우는 통계적으로 유의한 값을 갖지 못하는 왜곡이 그대로 나타난다.

다항프로빗모형(MNP) 추정 결과에 따를 때, 4대강에 속하는 한 하구가 자연 하구인 경우의 경제적 가치는 3,523억원(95% 신뢰구간 2,611억원~4,778억원)이다. 4

대강에 속하는 한 하구 하천 수질이 ‘보통 수질(3급수)’이면 4,115억원(95% 신뢰구간 3,385억원~5,255억원), ‘좋은 수질(2급수)’이면 8,231억(95% 신뢰구간 6,770억원~10,510억원)의 경제적 가치를 갖는다. 한편 4대강 하구에 속하는 한 하구의 해수역 수질이 ‘보통 수준(2등급)’이면 3,589억원(95% 신뢰구간 2,925억원~4,570억원)이며, ‘좋은 수질(1등급)’이면 7,178억원(95% 신뢰구간 5,849억원~9,140억원)의 경제적 가치에 이른다. 4대강 하구에 속하는 한 하구의 생물다양성이 보통 수준이면 1,519억원(95% 신뢰수준 990억원~2,186억원), 높은 수준이면 3,039억원(95% 신뢰수준 1,979억원~4,371억원)이다.

그러므로 4대강 하구에 속하는 한 하구가 인공이 아닌 자연 하구이면서 하구 하천 수질이 좋은 수질(2급수) 수준, 하구 해수역 수질이 좋은 수질(1등급), 생물다양성이 높은 수준이면, 경제적 가치는 2조 1,970억원이며 95% 신뢰수준은 1조 7,210억원~2조 8,799억원으로 평가된다.

V. 결론

본 연구에서는 우리나라 4대강(한강, 금강, 영산강, 낙동강) 하구의 중요 속성과 관련된 가치를 도출하기 위하여 진술선호법에 속하는 선택실험법(CE)을 이용하였다. 기존의 선택실험법(CE) 설문 자료를 이용한 연구들이 대부분 McFadden(1974)에 의해 개발된 다항로짓모형(multinomial logit model)을 적용하여 분석하지만, 본 연구에서는 다항로짓모형의 무관 대안으로부터의 독립성(IIA) 가정의 성립 여부를 Hausman과 McFadden(1984)이 제안한 방법으로 검토하였다. 그 결과 특정 대안을 제외한 모든 경우에 무관 대안으로부터의 독립성(IIA) 가정이 기각되었다. 그러므로 다항로짓모형(MNL)의 무관 대안으로부터의 독립성(IIA) 가정을 완화한 이분산극치모형(HEV) 및 다항프로빗모형(MNP)을 적용하였다.

다항프로빗모형(MNP) 및 이분산극치모형(HEV)의 하구 속성에 대한 계수의 추정 결과는 큰 차이가 없었지만, 다항로짓모형(MNL)의 경우에는 특정 변수의 부호가 예상과 반대로 추정되고 통계적 유의성을 갖지 못하는 경우가 나타났다. 이러한 왜곡은 다항로짓모형(MNL)의 무관 대안으로부터의 독립성(IIA) 가정에 의해 발생

하고 있는 것으로, 추정 결과로부터 도출되는 하구 속성의 수준들에 대한 개인 평균 지불의사금액 및 하구 속성 수준들의 경제적 가치를 35~45% 수준으로 저평가시키거나 통계적 유의성이 없어지는 속성 수준들의 가치를 평가에서 제외시키는 문제가 있었다. 그러므로 4대강 하구 중 한 하구가 이상적인 속성 수준들을 갖게 되는 경우의 경제적 가치가 다항프로빗모형(MNP)로 도출된 값의 36.9%에 불과하게 나타났다.

선택실험법에 의해 얻어진 자료를 일반적으로 분석하는 다항로짓모형(MNL)의 경우 무관 대안으로부터의 독립성(IIA)라는 가정의 약점으로 인하여 그로부터 도출된 속성 및 속성 수준들의 경제적 가치 평가 결과를 심각하게 왜곡할 수 있음을 확인할 수 있었다. 이 경우가 모든 자료에 성립되는 것은 아니겠지만, 다항로짓모형(MNL)을 적용하기 위해서는 무관 대안으로부터의 독립성(IIA) 가정의 기각 여부를 검토한 후 가정이 기각되지 않는 경우에 한하여 적용할 필요가 있다는 결론을 얻을 수 있다.

본 조사에서는 선택 대안들의 이분산성과 상관관계를 허용하는 다항프로빗모형(MNP)와 선택 대안들의 이분산성만을 허용하는 이분산극치모형(HEV)의 결과가 크게 차이가 나지 않았지만, 추정 결과를 얻는데 문제만 없다면 선택 대안들의 오차항에 대해 유연성을 더 갖고 있는 다항프로빗모형(MNP)이 선택실험법에서 얻어진 자료 분석에 보다 적합하다고 생각된다.

다항프로빗모형(MNP)의 추정 결과에 따르면, 4대강에 속하는 한 하구가 자연 하구인 경우의 경제적 가치는 3,523억원(95% 신뢰구간 2,611억원~4,778억원)이다. 4대강에 속하는 한 하구 하천 수질이 ‘보통 수질(3급수)’이면 4,115억원(95% 신뢰구간 3,385억원~5,255억원), ‘좋은 수질(2급수)’이면 8,231억(95% 신뢰구간 6,770억원~10,510억원)의 경제적 가치를 갖는다. 한편 4대강 하구에 속하는 한 하구의 해수역 수질이 ‘보통 수준(2등급)’이면 3,589억원(95% 신뢰구간 2,925억원~4,570억원)이며, ‘좋은 수질(1등급)’이면 7,178억원(95% 신뢰구간 5,849억원~9,140억원)의 경제적 가치에 이른다. 4대강 하구에 속하는 한 하구의 생물다양성이 보통 수준이면 1,519억원(95% 신뢰수준 990억원~2,186억원), 높은 수준이면 3,039억원(95% 신뢰수준 1,979억원~4,371억원)이다. 그러므로 4대강 하구에 속하는 한 하구가 인공이 아닌 자연 하구이면서 하구 하천 수질이 좋은 수질(2급수) 수준, 하구 해수역 수질

이 좋은 수질(1등급), 생물다양성이 높은 수준이면, 경제적 가치는 2조 1,970억원이며 95% 신뢰수준은 1조 7,210억원~2조 8,799억원으로 평가된다.

본 연구에서 추정한 하구의 중요 속성 및 수준별 경제적 가치는 하구역 종합관리 시스템 개발에 있어 중요한 관리 변수가 될 가능성이 높은 변수들이다. 하구역을 종합적으로 관리하기 위해서는 하구역의 다양한 요소들의 유기적 관계에 대한 파악과 더불어 하구역으로부터 얻고 있는 다양한 경제적 가치들의 변화 역시 매우 중요하게 평가되어 의사결정과정에 반영될 필요가 있다. 한 번의 진술선호법에 의한 하구의 중요 속성 및 수준에 대한 가치평가로부터 대표성있는 하구의 속성 및 수준별 경제적 가치가 도출되었다고 확신하기보다는, 향후에 보다 다양한 가치평가방법을 적용하여 보다 많은 하구에 대한 가치 평가 연구가 진행될 필요가 있다.

또한 현재 얻어진 4대강 하구의 속성 가치를 이용하여 개별 하구의 특성을 반영한 가치의 추산과 더불어 본 연구에서 포함하지 않은 각 하구의 다른 특성들을 포함한 개별 하구에 대한 정책적 연구가 추가적으로 진행될 필요가 있다.

그리고 본 연구에서 검토된 모형 이외에도 개인별 이질성(heterogeneity)을 분석할 수 있는 혼합로지트모형(mixed logit model) 또는 자료의 패널적 특성을 감안하는 패널다항프로빗모형(panel MNP) 등을 선택실험법에서 얻어진 자료 분석에 이용하는 향후 연구가 필요하다.

[참고문헌]

1. 강만옥 외, 「우리나라 주요 습지의 경제적 가치 평가 연구」, 환경부 UNDP/GEF 국지습지보전사업단, 2008.
2. 광승준 외, “컨조인트 분석을 이용한 하구환경의 가치추정: 한강하구를 중심으로” 「경제학연구」, 54(4), pp. 141~161, 2006.
3. 김용주, “가계의 이질적 선호가 비시장재 가치의 추정에 미치는 영향”, 「자원·환경경제연구」, 16(4), pp. 873~900, 2007.

4. 네이버 백과사전, <http://100.naver.com/>
5. 노백호 외, 「지속가능한 하구역 관리방안 연구(3)」, 한국환경정책·평가연구원, 2006.
6. 박상수, 이충기, “베이지안 추정법을 이용한 주택선호의 다항프로빗 모형 분석”, 「재정정책논집」, 13(4), 2011, pp. 33~62.
7. 박현 외, 「문화시설의 가치추정 연구」, 한국개발연구원, 2004.
8. 송교욱, 제윤미, 「낙동강 하구역의 생태·경제학적 가치평가와 보전방안에 관한 연구」, 부산발전연구원, 2004.
9. 신영철, “Estimating Values of Statistical Lives using Choice Experiment Method,” 「자원·환경경제연구」, 16(3), 2007a.
10. 신영철, 「비시장재화 가치 평가의 이론과 실제」, 연구보고서, 국회예산정책처, 2007b.
11. 신영철 외, “선택실험법에 의한 우리나라 주요 습지의 가치 추정”, 한국환경경제학회 하계학술대회 자료집, 2009.
12. 신영철, 『생물다양성의 경제적 가치평가』, 한국학술정보(주), 2010.
13. 신영철, “자연휴양지 방문편의 추정모형의 비교 연구: 영산강 하구를 대상으로”, 「자원·환경경제연구」, 21(4), 2012, pp. 981~998.
14. 안소은, “우리나라 습지의 환경적 가치: 메타회귀분석”, 「자원·환경경제연구」, 16(1), 2007, pp. 65~98.
15. 유병국, “선택실험법 자료에서의 선호이질성 분석을 위한 혼합로짓모형 및 잠재계층 모형의 활용”, 「자원·환경경제연구」, 21(4), 2012, pp. 921~945.
16. 유승훈, “섬진강 하구의 환경가치 추정”, 「환경정책연구」, 6(2), 2007, pp. 1~26.
17. 유승훈, “다속성 효용이론에 근거한 조건부 가치측정법을 이용한 낙동강 하구의 환경가치 추정”, 「Ocean and Polar Research」, 29(1), 2007, pp. 69~80.
18. Bennett J. and R. Blamey, *The Choice Modelling Approach to Environmental Valuation*, Edward Elgar, 2001.
19. Bhat, C. R., “A Heteroscedastic Extreme Value Model of Intercity Travel Mode Choice,” *Transportation Research*, Vol. 29B, 1995. pp. 471~483.
20. Champ, P. A., K. J. Boyle and T. C. Brown, *A Primer on Nonmarket Valuation*, 2003.
21. Hausman, J. and D. McFadden, “Specification Tests for the Multinomial Logit Model,” *Econometrica*, Vol. 52, 1984, pp. 1219~1240.
22. Hensher D. A., J. M. Rose and W. H. Greene, *Applied Choice Analysis*, Cambridge University Press, 2005.

23. Lancaster, K., "A New Approach to Consumer Theory," *Journal of Political Economy*, 1966, 74, pp. 132~57.
24. MaFadden, D., Conditional Logit Analysis of Qualitative Choice Behavior, in P. Zarembka (ed.), *Frontiers in Econometrics*, New York: Academic Press, 1974.
25. Train, K., *Discrete Choice Methods with Simulation*, New York: Cambridge University Press, 2003.

<부표> 설문에 이용된 선택대안의 예시

■ 다음의 문항은 4대강 하구의 보전 정책을 만들기 위해 하구의 속성 및 수준에 대한 국민들의 선호를 파악하기 위한 질문들입니다.

- 4대강 하구의 이상적인 보전을 위하여, 향후 4년 동안 4대강 하구 보전 부담금을 한시적으로 부과하여 필요한 사업을 추진할 계획을 가지고 있습니다.
- 향후 제시되는 문항들은 각각 독립적인 문항들이므로, 해당 문항에서 주어지는 [4대강 하구 보전대책 A]와 [4대강 하구 보전대책 B]와 [둘 다 선호하지 않음]의 3가지 대안 중에서 선호하시는 한 가지 대안을 선택하시면 됩니다.

하구의 속성	<input type="checkbox"/> 4대강 하구 보전대책 A	<input type="checkbox"/> 4대강 하구 보전대책 B	<input type="checkbox"/> 둘 다 선호하지 않음
하구 유형	인공하구	인공하구	
하구 하천 수질	좋은 수질	나쁜 수질	
하구 해수역 수질	나쁜 수질	보통 수질	
생물다양성 수준	낮음	높음	
4년 동안 매년 부담금	20,000 원	5,000 원	