

메타회귀분석을 이용한 해수유통 편익추정 - 금강을 중심으로 -

신창섭* · 조원주**

*충북대학교 농업경제학과 석사과정 · **충북대학교 농업경제학과 조교수

Estimating the Benefits of Seawater Flowing by using Meta-Regression for Benefit Transfer - Case of Geumgang River -

Shin, Chang-Seob* · Cho, Wonjoo**

*Department of Agricultural Economics, Chungbuk National University Graduate Student

**Department of Agricultural Economics, Chungbuk National University Assistant Professor

ABSTRACT : This study aims to estimate the value of environmental services that could be generated by seawater flowing in the Geumgang Estuary by using meta-regression for benefit transfer. The environmental services that can be generated by seawater flowing are assumed to be improved water quality, increased biodiversity, and enhanced water-friendly effect. The analysis was conducted using 122 data from 28 studies from EVIS. The results show that households in the neighborhood where seawater is distributed are willing to pay about KRW 46,918, KRW 7,752, and KRW 7,859 per year for improved water quality, increased biodiversity, and enhanced water-friendly, respectively. The WTP of the national households other than neighboring households was found to be KRW 19,401, KRW 3,206, and KRW 3,250 for the three environmental services, respectively. The WTP for water quality improvement is higher than that for biodiversity increase and water-friendly effect increase, which may be due to the fact that water quality improvement is an environmental service that is close to the use value. In addition, neighboring households have a higher WTP than national households because neighboring households are more likely to evaluate the benefits of seawater flowing as a use value, while national households are more likely to evaluate it as a non-use value.

Key words : Benefits Transfer, Environmental Benefit, Geumgang River, Meta-Regression, Seawater Flowing

I. 서 론

1. 연구의 배경 및 목적

하천 하구의 홍수 및 염해 피해를 방지하고 농·생·공용수를 원활히 공급하기 위한 목적으로 1980~90년대에 하천 하구에 방조제나 하굿둑 등 하천시설이 건설되었다. 하지만 시간이 경과하면서 해수 유통이 원활하지 않고 유속이

느려지면서 수질이 나빠지고 생물다양성이 악화되는 등 부작용 또한 발생하였다.

이와 관련한 대표적 사례로 시화호를 들 수 있다. 1994년 물막이 공사가 끝나 담수호가 된 시화호는 시간이 지나면서 각종 오폐수가 쌓이면서 수질이 급격히 악화되었다. 이에 정부는 2000년 해수 유통을 통해 수질 개선이 나섰으나 효과는 더디게 나타났다. 하지만 최근 연구를 살펴보면 혼합효과 증가로 인해 저층 빈산소 문제가 해결되었고, COD(Chemical Oxygen Demand) 농도 감소 등 수질개선 효과가 있는 것으로 조사되었다(Lee and Lee, 2016; Lee and Lee, 2021). 최근에는 낙동강 하구에 해수를 유통하여

Corresponding author : Cho, Wonjoo

Tel : 043-261-2591

E-mail : wjcho@cbnu.ac.kr

기수 생태계를 복원하려는 시도가 진행되고 있다. 1987년 낙동강 하구둑이 건설된 이후 해수 유통이 중단되면서 어류 종이 줄어들고 철새가 감소하는 등 생태계가 훼손되었다는 지적이 이어졌다. 생태계 복원을 위해 2019년부터 부분적으로 해수 유통을 시작하였으며, 2022년 2월부터는 해수 유통을 확대하고 있다.

해수 유통에 대한 관심이 커져가고 있는 것에 비해 해수 유통으로 발생할 수 있는 편익을 평가한 선행연구는 매우 제한적이다. Kim et al.(2020)은 선택실험법(CE)을 이용하여 새만금호에 해수가 유통될 경우 발생할 수 있는 편익을 가구당 지불의사금액(WTP)으로 분석하였다. 분석 결과에 따르면 수질 개선 COD 1mg/L당 약 707원, 조류 개체수 1만 마리 증가당 약 506원, 어획량 1톤 증가당 약 263원, 농지비율 1% 감소당 -128원의 지불의사금액이 추정되었다. Ministry of Environment(2021)는 낙동강 기수역 복원 시나리오에 대한 경제성을 분석하였다. 분석을 위해 해수 유통에 따른 편익을 하구 하천 수질 개선, 하구 해역 수질 개선, 생물다양성 증가, 친수효과 증대로 가정하고 편익이전(Benefit Transfer) 방법 중 하나인 가치이전(Value Transfer) 방식으로 편익을 추정하였다. 연구 결과에 따르면 해수 유통으로 발생하는 편익의 현재가치는 시나리오에 따라 최소 5,725억 원에서 최대 2조 1, 445억 원에 이르는 것으로 분석되었다.

환경 서비스와 같은 비시장재화의 가치를 평가하는 경제학적 방법으로 조건부 가치평가법(CVM)과 선택실험법(CE) 등이 있다. 조건부 가치평가법과 선택실험법은 진술 선호법의 일종으로 설문조사 결과를 이용하여 지불의사금액을 추정하는 경제학적 방법이다. 하지만 특정 정책이나 대상지에 대한 분석이기 때문에 추정된 가치를 일반화하여 해석할 수 없는 한계가 있다(Ahn and Noh, 2007). 대안으로 사용할 수 있는 가치평가 방법으로 편익이전이 있다.

편익이전은 선행연구의 정보나 결과치를 새로운 대상지에 이전하여 가치를 평가하는 방법을 말한다(Desvousges et al., 1998). 비시장재화의 가치를 평가할 때 분석 대상지 또는 해당 정책을 직접 평가하는 것이 가장 바람직하다. 하지만 시간과 자원의 한계로 모든 대상지나 정책에 대해 직접 가치평가를 수행하는 것은 실질적으로 불가능하다. 이때 편익이전을 차선택으로 활용할 수 있다. 편익이전은 분석 대상지에 직접 연구를 수행하지 않더라도 상대적으로 적은 시간과 비용으로 비시장재화의 가치를 평가할 수 있는 장점이 있다. 이 때문에 정책 시행에 앞서 사전적 가치평가를 진행하는데 많이 활용되고 있다.

특히 환경가치추정 선행연구 DB(EVIS)¹⁾가 구축되어 자

료 수집이 편리해지면서 편익이전 기법을 활용한 가치평가 연구가 많아지고 있다. Jang(2013)은 편익이전 기법 중 하나인 메타회귀분석(Meta-regression Analysis)을 이용하여 수원천의 가치를 추정하였으며, Kim and Ahn(2018)은 4대강 유역별 수질 개선에 대한 소비자들의 한계지불의사액을 편익이전을 통해 추정하였다. Cha et al.(2018)은 편익이전을 이용하여 주암호의 환경서비스 속성별 편익을 추정한 바 있다.

본 연구는 편익이전 기법을 활용하여 금강 하구에 해수가 유통될 경우 발생할 수 있는 환경 서비스의 가치를 평가하는 데 목적이 있다. 가치이전 방식으로 낙동강 해수 유통 편익을 추정한 Ministry of Environment(2021)와 달리 메타회귀분석을 이용하여 금강 해수 유통이 이루어질 경우 발생할 수 있는 편익을 추정하였다.

II. 연구방법 및 자료

1. 편익이전

편익이전은 크게 가치이전(Value Transfer)과 함수이전(Function Transfer)으로 분류할 수 있다. 가치이전은 분석 대상지와 유사한 지역에서 수행된 선행연구에서 하나의 추정치를 이전하는 점추정치 이전과 다수의 대상지에 수행된 연구 결과들의 대푯값을 이전하는 평균값 이전으로 구분된다. 함수이전은 분석 대상지의 편익과 특성변수의 관계를 기술한 함수를 이전하는 편익함수 이전과 선행연구의 추정치를 이용하여 메타회귀분석을 실시한 후 그 결과를 이용해 분석 대상지의 편익을 추정하는 방법으로 나뉜다(Rosenberger and Loomis, 2001).

가치이전은 분석 대상지와 유사한 지역에서 수행된 연구 결과에서 하나 혹은 복수의 추정치를 추출하여 분석 대상지에 그대로 이전하는 방법이다. 그러나 선행연구와 분석 대상지의 모집단 특성이 동일해야 한다는 강한 가정이 필요하기 때문에 분석결과에 연구자의 주관이 반영되어 객관성을 담보하기 어려운 단점이 있다. 이와 달리 함수이전은 선행연구의 추정치를 그대로 이전하는 것이 아니라 평가주체인 모집단 혹은 가치이전 대상의 특성변수 간의 상관관계를 기술한 함수를 이전하여 연구자의 주관을 배제할 수 있는 장점이 있다(Ahn and Kim, 2006; Ahn and Noh, 2007).

함수 이전 가운데 편익함수 이전은 분석 대상지에서 중요한 변수가 선행연구의 편익함수에는 반영되어 있지 않거나 통계적으로 유의하지 않을 수 있다. 반면 메타회귀분

1) <http://evis.kei.re.kr/>

석은 상대적으로 많은 수의 연구를 활용하기 때문에 다른 편익이전 방법보다 선행연구의 추정치에 민감하지 않은 대푯값을 추정할 수 있는 것이 장점이다. 또 분석 대상지의 특성, 연구방법 및 사회경제적 변수가 편익에 미치는 영향을 통제할 수 있다(Rosenberger and Loomis, 2001; Ahn and Kim, 2006; Ahn and Noh, 2007).

편익이전을 이용하여 해수 유통 편익을 추정하기 위해서는 해수 유통이 어떤 긍정적 환경 서비스를 유발하는지 파악해야 한다. 관련 선행연구를 살펴보면 공통적으로 하천 하구에 해수가 유통될 경우 수질 개선, 생물다양성 증진, 친수효과 증대가 발생하는 것으로 나타났다(KEI, 2006; KDI, 2009; Ministry of Oceans and Fisheries, 2014; KAPF, 2019; Ministry of Environment, 2021). 이는 해수 유통량이 증가하면 유량 정체로 발생하는 녹조현상이 완화될 수 있고, 비점 오염 유하로 수질 개선을 기대할 수 있기 때문이다. 또 수질이 개선되고 기수역 조성되면 하천의 종적·횡적 연속성이 증가하여 회유성 어류 이동을 늘어나 생물다양성이 증가하는 것으로 나타났다. 이와 더불어 해수 유통은 친수효과 증대 또한 가져온다(KAPF, 2019). 본 연구는 선행연구 검토를 바탕으로 해수 유통으로 발생하는 편익을 수질 개선, 생물다양성 증진, 친수효과 증대 3가지로 가정하였다. 하지만 하천 하구에 해수가 유통되면 염도가 증가하여 농산물 생산량이 줄어드는 염해피해 또한 발생할 수 있다. 다만 본 연구는 해수 유통으로 발생하는 긍정적 환경 서비스의 편익을 추정하는 것으로 연구 범위를 한정하였다.

2. 분석 자료

메타회귀분석을 위해 세 가지 편익항목(수질 개선, 생물다양성 증가, 친수효과 증진)의 지불의사금액을 직접 추정한 선행연구 결과를 한국환경연구원의 환경가치종합정보시스템(EVIS)에서 수집하였다.

수집된 자료 가운데 중복 연구와 시간의 흐름을 고려하지 않고 지불의사금액을 추정한 연구는 제외하였다. 예를 들어 연간 또는 월간 지불의사금액을 추정하지 않고 단순 지불의사금액을 추정한 자료는 배제하였다. 또 가구 단위로 지불의사금액이 조사된 연구가 가장 많아 자료의 통일성을 위해 가구 단위로 조사된 지불의사금액만 연구에 이용하였다.

월간 단위로 추정된 지불의사금액은 연간 단위로 환산하여 사용하였다. 이때 월간 지불의사금액을 12배 하여 연간 지불의사금액으로 이용하면 지불의사금액이 과대 추정될 수 있다. 달리 말하면 추정된 지불의사금액은 시간의

흐름에 따른 가산성(additivity)이 성립하지 않는 경우가 많다. 따라서 Ahn and Kim(2016)이 제시한 경험적 비율을 적용하여 월간 지불의사금액에 5.9배를 하여 연간 지불의사금액을 산출하였다. 결과적으로 분석에 사용된 지불의사금액은 ‘원/연/가구’ 단위로 추정된 자료이다.

총 28편의 연구에서 수집된 122개의 지불의사금액을 GDP 디플레이터를 이용해 2022년 실질가격으로 환산한 후 분석에 이용하였다. 분석에 사용된 자료는 Table 1과 같다.

3. 모형설정과 변수선정

메타회귀분석은 선행연구의 요약 통계량이 종속변수에 어떻게 영향을 미치는지, 즉 연구 특성 및 데이터가 추정치에 어떤 영향을 미치는지 통계적으로 검증하기 위해 고안된 방법이다(Ahn and Kim, 2006). 하지만 편익이전을 위한 메타회귀분석은 선행연구의 특성은 물론 분석 대상지를 대표할 수 있는 설명변수를 설정하는 것이 중요하다. 본 연구는 해수 유통량 증대로 발생하는 환경 서비스의 가치를 추정하는 것이 목적이기 때문에 지역 및 사회경제적 특성을 설명변수에 포함하였다. 그리고 연구 특성을 나타내는 설명변수를 분석에 추가하였다. 그 이유는 연구 특성이 지불의사금액에 미치는 영향을 분석함과 동시에 연구 특성 변수의 통계적 유의성이 높게 나타나는 경향이 있기 때문이다(Ahn and Noh, 2007).

편익이전을 위한 메타회귀분석 함수는 다음과 같은 선형회귀식으로 표현할 수 있다.

$$\ln wtp_i = \alpha + \beta_e X_{e,i} + \beta_{t,i} X_{t,i} + \beta_{\gamma} X_{\gamma,i} + \beta_s X_{s,i} + \epsilon_i \quad (1)$$

이때 $\ln wtp_i$ 는 지불의사금액(WTP)의 자연로그값을 의미하며, X_e 는 환경 서비스 변수(Environment Service Variable), X_t 는 지역 변수(Area Variable), X_{γ} 는 연구특성 변수(Study Variable), X_s 는 사회경제적 변수(Social & Economic Variable)를 의미한다.

환경 서비스 변수는 수질 개선, 생물다양성 증가, 친수효과 증대 중 어떤 환경 서비스에 해당하는지를 구분하는 변수이다. 지역 변수는 연구 대상지가 어느 유역(한강·금강·낙동강·영산강·섬진강)에 속하는지를 나타낸다. 연구 특성 변수는 선행연구의 방법론 혹은 요약 통계량이 지불의사금액 추정치에 미치는 영향력을 통제하기 위해 사용하였다. 연구 특성 변수에는 지불방법, 추정방법, 설문조사 방법, 목표 모집단, 문헌 유형, 게재 연도가 포함되었다.

소득이나 교육 수준 등 사회경제적 특성은 지불의사금액에 영향을 미치는데 이를 통제하기 위해 성비, 가구수,

Table 1. Study List for Meta-Regression

No	Study	Area*	Number of estimation	Method	Paper type
1	Son et al(2012)	Cheonggyecheon	2	CVM,CE	Journal Article
2	Lim and Yoo(2015)	Namyang-Yugu Stream	4	CVM	Journal Article
3	Lee et al(2016)	Mangyeong River	3	CE	Journal Article
4	Park et al(2015)	Jangheung Dam	6	CVM	Journal Article
5	Kong et al(2008)	Anyangcheon	15	CVM	Journal Article
6	Kim et al(2012)	Ara-Waterway	2	CVM	Journal Article
7	Lee(2002)	Han River	1	CVM	Journal Article
8	Kwon et al(2009)	Paldang Clean Agricultural Belt	1	CVM	Journal Article
9	Jeong et al(2004)	Chungju Dam	6	CVM	Journal Article
10	Park(2008)	Bukhan River	1	CVM	Thesis
11	Jeong(2010)	NamDae River	7	CVM	Thesis
12	Jo et al(2001)	Paldang Reservoir	1	CVM	Journal Article
13	Yoo et al(2009)	Anseong River	2	CVM	Journal Article
14	Kwak et al(2003)	Construction Dam in Korea	4	CE	Journal Article
15	Kwak et al(2006)	Han River	4	CE	Journal Article
16	Yoo and Kim(2008)	Otters in Cheongju · Cheongwon	1	CVM	Journal Article
17	Chung et al(2008)	Anyang River	9	CE	Journal Article
18	Cho and Shin(2005)	Han River	2	CE	Journal Article
19	Shin et al(2009)	Bukhan River	6	CVM	Journal Article
20	Ahn and Kwon(2009)	ManKyeong River	1	CVM	Journal Article
21	Kim(2007)	Taehwa River	1	CVM	Journal Article
22	Kim(2009)	Taehwa River	4	CVM	Journal Article
23	Eom(2001)	Mangyeong River	4	CVM	Journal Article
24	Leem and Lee(2005)	Ecological Riverside Park in Daejeon	4	CVM	Journal Article
25	Kim(2004)	Nakdong River	3	CVM	Journal Article
26	Lee et al(2007)	Nakdong River	2	CVM	Journal Article
27	Yoo(2007)	Seomjin River	8	CVM	Journal Article
28	Noh et al(2006)	Nakdong·Seomjin River	16	CVM	Report

* The English name of the area is written as it appears in the literature.

Table 2. Variable List & Explanation

Category	Variable	Variable explanation
Dependent Variable ($\ln wtp$)	$\ln(WTP)$	Logarithm of Willingness to Pay
Environment Service Variable (X_e)	IB	Increased Biodiversity = 1
	WF	Enhanced Water-Freindly = 1
Area Variable (X_t)	NakDong	Destination is Nakdong River = 1
	SeomJin	Destination is Seomjin River = 1
	HanGang	Destination is Han River = 1
	YoungSan	Destination is Youngsan River = 1

Table 2. Continued

Category	Variable	Variable explanation
Study Variable (X_7)	Payment Type	Tax = 0
		Charge = 1
	Method Type	CVM = 0
		CE = 1
	Survey Type	Survey to Online = 0
		Survey to Offline = 1
	Paper Tuype	Other = 0
		Journal Article = 1
	Household Type	National Household = 0
		Neighboring Household = 1
Year	Year of paper published	
Social & Economic Variable (X_8)	Sex	Sex Ratio
	HH	Number of Household
	GDPR	GDPR/Neighboring Households

* Reference of Environment Service Variable: Improved Water Quality

** Reference of Area Variable: Destination is Geumgang River

가구당 지역총생산액(GDPR)을 사회경제적 변수로 사용하였다(Jang, 2012). 사용한 분석 자료에 사회경제적 변수가 제시된 경우에는 이를 사용하였으나, 제시되지 않은 자료는 통계청의 연도·지역별 가구 자료를 적용하였다. 소득 자료는 사회경제적 변수에 포함시켜야 하는 중요 변수이지만 연구에 따라 조사 방법이 달라 일관된 기준을 적용하기 어려워 가구당 지역총생산액으로 대체하였다. 분석에 사용한 변수는 Table 2와 같다.

메타회귀분석을 통해 편익이전을 분석할 때 오차항의 이분산(heteroskedasticity)에 주의해야 한다. 메타회귀분석은 다양한 분석 자료와 여러 추정 방법의 개별 선행연구를 활용하기 때문에 분석 자료의 고유한 특성을 추정치가 공유하는 패널 데이터와 유사한 구조를 가진다. 이 때문에 오차항의 동분산(homoskedasticity) 가정이 위배될 확률이 크다(Hwang, 2011). 이 경우 OLS(Ordinary Least Squares)를 이용한 추정치는 비효율적이다. OLS 모형에서 오차항의 동분산을 검증하기 위해 BP Test(Breusch-Pagan test)와 White's Test를 실시하였다. Table 3과 같이 BP Test는 유의확률 5%에서 귀무가설이 기각되었고, White's test는 유의확률 1% 이하에서 귀무가설이 기각되어 OLS 모형의 오차항은 이분산을 가지고 있었다.

이분산 문제를 해결하기 위해 가중최소자승법(WLS)을 고려할 수 있다. 하지만 모집단의 분산을 알기 어려워 가중최소자승법(WLS)은 사용이 불가능하다. 이를 대신하여 추정된 오차항의 분산을 모집단의 분산으로 가정하는

Table 3. Heteroskedasticity Test Results

Test type	Test results (H_0 : Homoskedasticity H_1 : heteroskedasticity)
BP Test	$\chi^2(1) = 4.31$ P Value > $\chi^2 = 0.0378$
White's Test	$\chi^2(62) = 115.49$ P Value > $\chi^2 = 0.0000$

실행 가능한 일반화된 최소자승법(FGLS)을 이용하여 분석하였다.

III. 추정 결과 및 편익 산정

FGLS를 이용한 메타회귀분석 함수는 식 (2)와 같으며, 추정 결과는 Table 4와 같다.

$$\frac{\ln wtp_i}{\sqrt{h_i}} = \frac{\alpha}{\sqrt{h_i}} + \beta_\gamma \frac{X_{\gamma,i}}{\sqrt{h_i}} + \beta_{t,i} \frac{X_{t,i}}{\sqrt{h_i}} + \beta_e \frac{X_{e,i}}{\sqrt{h_i}} + \beta_s \frac{X_{s,i}}{\sqrt{h_i}} + \frac{\epsilon_i}{\sqrt{h_i}} \quad (2)$$

분석 모형의 Adjusted R^2 는 0.9894이고, F-검정 결과 유의확률 1% 이하에서 통계적으로 유의하였다. 지역 변수 중 한강 범주는 신뢰구간 5%에서 유의하였으며 사회경제적 변수 중 성별 변수와 가구당 GDPR 변수는 통계적 유의

Table 4. Estimated Results of Meta-Regression Using FGLS

Category	Variable	Coefficient	P value
Environment Service Variable	IB	-1.800***	0.000
	WF	-1.787***	0.000
Area Variable	NakDong	-0.833***	0.000
	SeomJin	-0.905***	0.000
	Han	-0.357**	0.049
	YoungSan	-1.223***	0.000
Study Variable	Payment Type	0.712***	0.000
	Method Type	-1.727***	0.000
	Survey Type	-0.761***	0.000
	Paper Type	-0.726***	0.000
	Household Type	4.124***	0.001
	Year	0.154***	0.000
Social & Economics Variable	Sex	-0.563	0.724
	HH	0.000***	0.000
	GDPR	-0.002	0.444
Constant term		-301.984***	0.000
Adjusted R^2		0.9894	
F test		744.02***(15, 104)	

** Statistically Significant at a 5% Confidence Interval

*** Statistically Significant at a 1% Confidence Interval

성을 보이지 않았다. 그 외의 모든 변수는 신뢰구간 1% 이하에서 통계적으로 유의하였다.

최종적으로 해수 유통 편익을 산정하기 위해서는 추정된 메타회귀분석 함수에 분석 대상지의 특성을 반영하는 과정이 필요하다. 달리 말하면 추정된 메타회귀분석 함수에 지역 및 사회경제적 변수에는 금강의 시간적·지리적 값을 부여하고, 연구변수에는 분석 자료의 평균값을 대입하여 금강 하구 해수 유통에 대한 편익을 산정하였다.

해수 유통으로 발생하는 환경 서비스 개선 편익은 인접 지역과 그 외 지역에 차이가 존재할 가능성이 크다. KDI(2009)는 전라남도 함평군 일원 생태하천 조성 사업의 예상 편익 추정하였다. 사업 대상지 인접 주민과 그 외의 전 국민을 나누어 조사를 진행하였는데, 인접 주민과 전 국민을 대상으로 한 추정 결과가 통계적으로 유의미한 차이를 보였다. 이에 본 연구는 금강 하구 인접 지역인 충남 서천군과 전북 익산시·군산시의 가구를 인접 가구로 가정하고, 이외 전국 가구와 구분하여 편익을 추정하였다. 국가통계포털(KOSIS)의 2022년 기준 충남 서천군, 전북 익산시·군산시 지역 가구수는 279,910가구이고, 2022년 전국 가구의 수는 21,908,945이다. 따라서 인접 지역 이외 전국

Table 5. Values Used for Benefit Estimation

Variable		Values	
		Neighboring	National
Study Variable	Payment Type	0.408	
	Method Type	0.192	
	Survey Type	0.092	
	Paper Type	0.933	
	Household Type	1	0
	Year	2007.767	
Social & Economics Variable	Sex*	0.499	0.502
	HH	279,910	23,425,904
	GDPR*	578.323	78.649

* These values are not actually used to estimate the benefits of seawater flowing since estimated coefficients are not statistically significant.

Table 6. Benefits of Seawater Flowing

Environmental Service	In WTP		WTP(Won/Year/Household)	
	Neighboring	National	Neighboring	National
Improved Water Quality	Neighboring	10.8	Neighboring	46,918
	National	9.9	National	19,401
Increased Biodiversity	Neighboring	9.0	Neighboring	7,752
	National	8.0	National	3,206
Enhanced Water-Friendly	Neighboring	9.0	Neighboring	7,859
	National	8.1	National	3,250

Table 7. Sensitivity Analysis for Changes in Study Variables

Environmental Service	WTP(Won/Year/Household)					
	Improve Water Quality		Increased Biodiversity		Enhanced Water-Friendly	
	Neighboring	National	Neighboring	National	Neighboring	National
if Payment Type = 0	35,080	14,506	5,796	2,397	5,876	2,430
if Payment Type = 1	71,504	29,567	11,815	4,885	11,978	4,953
if Method Type = 0	65,333	27,016	10,795	4,464	10,944	4,525
if Method Type = 1	11,612	4,802	1,919	793	1,945	804
if Survey Type = 0	50,307	20,802	8,312	3,437	8,427	3,485
if Survey Type = 1	23,511	9,722	3,885	1,606	3,938	1,629
if Paper Type = 0	92,425	38,218	15,271	6,315	15,482	6,402
if Paper Type = 1	44,700	18,484	7,386	3,054	7,488	3,096

* Exclude Household Type and Year Variables

가구수는 23,425,904로 가정하였다. 최종적으로 금강 지역의 해수 유통 편익 추정을 위해 사용된 연구특성 변수와 사회경제적 변수들의 평균값은 Table 5와 같다.

금강 하구 해수 유통 편익은 Table 6과 같다. 먼저 수질 개선에 대한 지불의사금액은 인접 가구를 대상으로는 연간 46,918원, 전국 가구를 대상으로는 연간 19,401원이었다. 생물다양성 증가에 대한 지불의사금액은 인접 가구는 연간 7,752원, 전국 가구는 연간 3,206원으로 나타났다. 친수효과 증대에 대한 지불의사금액은 인접 가구는 연간 7,859원, 전국 가구는 연간 3,250원으로 조사되었다.

환경 서비스별 지불의사금액은 수질 개선, 친수효과 증대, 생물다양성 증가 순으로 나타났으며, 인접 가구는 전국 가구보다 큰 지불의사금액을 가지고 있었다. 이는 해수 유통으로 긍정적인 환경 서비스가 공급될 경우 인접 가구가 전국 가구에 비해 직접적인 영향을 받기 때문에 높은 지불의사금액을 가진 것으로 해석할 수 있다.

선행연구 통계량으로 변화하는 지불의사금액의 민감도를 확인하기 위해 Household Type 변수와 연속변수인 Year 변수를 제외한 연구특성 변수 변화에 따른 지불의사금액을 추정하였다. 분석 결과는 Table 7과 같다.

IV. 요약 및 결론

본 연구는 금강 하구에 해수가 유통되어 발생하는 환경 서비스 편익을 메타회귀분석을 이용하여 분석하였다. 선행 연구를 검토하여 해수 유통 시 수질 개선, 생물다양성 증가, 친수효과 증대 등의 환경 서비스가 발생한다고 가정하였다. 분석에는 EVIS에서 수집한 28개 연구의 122개 추정치가 사용되었다.

이분산 검정을 실시한 결과 오차항에 이분산이 존재하여 FGLS를 이용하여 메타회귀분석을 실시하였다. 분석 결과를 바탕으로 해수 유통 편익을 산정한 결과 인접 가구의 경우 수질 개선, 생물다양성 증가, 친수효과 증대에 각각 연간 약 46,918원, 7,752원, 7,859원의 지불의사금액을 가진 것으로 나타났다. 전국 가구의 지불의사금액은 세 가지 환경 서비스에 대해 각각 19,401원, 3,206원, 3,250원으로 조사되었다.

인접 가구가 전국 가구에 비해 해수 유통 편익을 조금 더 크게 평가하였으며, 인접 가구와 전국 가구 모두 수질 개선 가치를 가장 크게 평가하였다. 환경 서비스 항목 중 수질 개선과 친수효과 증대가 생물다양성 증가보다 더 높

은 지불의사금액을 가지는 것으로 추정되었다. 이와 같은 분석 결과를 해석해보면, 해수 유통으로 발생하는 환경 서비스가 가운데 수질 개선 편익은 생물다양성 증가와 친수 효과 증대에 비해 사용가치에 가까운 환경 서비스이기 때문에 높은 지불의사금액을 가진 것으로 분석된다. 그리고 인접 가구는 해수 유통에 따른 편익을 사용가치로 평가할 가능성이 크고, 전국 가구는 비사용가치로 평가할 가능성이 크기 때문에 인접 가구는 해수 유통 편익을 크게 평가한 것으로 해석된다.

본 연구는 편익이전 방법을 이용하여 선행연구가 부족한 해수 유통의 편익을 분석하고, 이를 금강에 사전적으로 적용한 연구라는 점에서 의의가 있다. 그러나 한계점 또한 존재한다. 첫째, 본 연구에서 사용한 메타회귀분석은 환경 서비스의 한계효과를 고려하지 못한다. 해수 유통에 따른 환경 서비스는 시간이 지나면서 점진적으로 제공될 가능성이 크다. 하지만 분석 방법의 한계로 해수 유통이 제공하는 환경 서비스의 한계효과를 고려하지 못하기 때문에 분석 결과를 보수적으로 평가할 필요가 있다. 둘째, 해수 유통에 따른 환경 서비스의 혜택을 받는 목표 모집단을 설정하는 방식에 따라 편익 산정액이 크게 달라질 수 있다. 이는 본 연구뿐만 아니라 비시장 재화의 가치를 추정하는 연구에서 공통적으로 발생하는 문제이기도 하다(KDI, 2022). 따라서 본 연구 결과를 정책 의사 결정에 활용할 경우 환경 서비스의 직접적인 수혜를 받는 인접 가구와 전국 가구를 설정하는 방법에 주의해야 한다.

References

1. Ahn, S., Kim, G., 2016, Economic Values of Freshwater Ecosystem Services from Demand and Supply Perspectives. *Journal of Korean Society of Environmental Engineers*, Vol.38 No.10, 580-587 (in Korean).
2. Ahn, S., Kim, J., 2006. An Application of Benefit Transfer to Outdoor Recreation Values in Korea. *Korea Environment Institute -RE-08*. (in Korean).
3. Ahn, S., Noh, B., 2007. Estimating Wetland Values Using Meta-regression Benefit Transfer Method in Korea. *Korea Environment Institute, RE-08*. (in Korean).
4. Ahn, S., Kwon, H., 2009, Application of Contingent Valuation Method for Benefit Evaluation on Improving the Quality of Water, *Journal of Korea Society of Water Science and Technology*, Vol. 17, No.2 13-26 (in Korean).
5. Cha, J., Yoo, H., Lee, H., 2018, A Study on Value Estimation of Water Resources Using Benefit Transfer Method: Focusing on Meta-Regression Analysis. *Journal of Environmental Policy and Administration*, Vol.26 No. 4, 105-122p (in Korea).
6. Cho, S., Shin, C., 2005, A Conjoint Analysis to the Economic Benefits of Improved Water Quality of Han River, *Environmental and Resource Economics Review*, Vol. 14, No.03 655-672 (in Korean).
7. Chung, E., Kong, K., Lee, Kil, Yoo, J., 2008, Evaluation of Alternative Benefit Using Choice Experiment Method and Alternative Evaluation Index, *Journal of Korea Water Resources Association*, Vol. 41, No.1 101-113 (in Korean).
8. Desvousges, W., Johnson, F., & Banzhaf, H. 1998, Environmental policy analysis with limited information: Principles and applications of the transfer method. In *Environmental Policy Analysis With Limited Information*. Edward Elgar Publishing.
9. Eom, Y., 2001, Empirical Evidence on Scope Effects in Contingent Valuation of Water Quality Improvement in Man Kyoung River, *Environmental and Resource Economics Review*, Vol. 10, No.03 387-413 (in Korean).
10. Hwang, B., 2011. Transfer of Benefit-Resort Value of Palyung Mt., National Park Assessed by Meta-regression Analysis. *Masters dissertation, Sungkyunkwan University* : 19 (in Korean).
11. Jang, H., 2013, Valuation of a river using benefit transfer with meta-analysis : with a focus on the Su-won river, *Masters dissertation, Seoul National University* (in Korean).
12. Jo, Y., Kim, B., Kwak, J., 2001, Estimation of WTP for Water Quality Improvements in Paldang Reservoir Using Contingent Valuation, *Environmental and Resource Economics Review*, Vol. 10, No.3 433-460 (in Korean).
13. Jeong, D., Park, K., Jin, Y., Jo, J, 2004, Application of contingent valuation method for estimating willingness-to-pay in planning the intergrated sewerage system in the catchment of Dam Chung-Ju, *Journal of Environmental Impact Assessment*, Vol. 13, No.2 (in Korean).
14. Jeong, M., 2010, A Comparative Study on Proximity Effects in Welfare Change from Water Contamination, *Masters dissertation, Kangwon National University* (in Korean).

15. KAPF(The Korean Association of Public Finance), 2019, Socioeconomic Analysis of River Facility Management Plan for Geumgang and Yeongsan Rivers socioeconomic analysis of river facility management.
16. Kawk, S., Yoo. S., Chang. J., 2006, Valuing the Han-river Estuary: Using Conjoint Analysis, KYUNG JE HAK YON GU, Vol. 54, No.04 141-161 (in Korean).
17. KDI(Korea Development Institute), 2009, Yeongsan River Recovery Hampyeong District 3 Ecological River Creation Project. (in Korean).
18. KDI(Korea Development Institute), 2022, Detailed Guidance for Conducting a Pre-Feasibility Study: Water Sector Study. (in Korea).
19. KEI(Korea Environment Institute), 2006, Development of Sustainable Estuary Management Strategy in Korea III - Estuary Management Palns and Programs -. (in Korean).
20. Kim, H., Ahn, S., 2018, Estimating the economic benefits of water quality improvements using meta-regression, Environment Forums in KEI, Vol. 222., 1-16 (in Korean).
21. Kim, K., 2004, Comparison of WTPs By Using Contingent Valuation Method, Korean Public Administration Review, Vol. 38, No.3 301-320 (in Korean).
22. Kim, S., Choi, S., Kim, T., 2012, Valuing Tourism Resource Using the CVM: Focusing Ara-Waterway, Korea Academic Society of Hotel Administration, Vol.24, No.5 207-218 (in Korean).
23. Kim, J., 2007, Social Benefits of Improved Water Quality at the Taehwa River Based on Citizen's Willingness-to-Pay, Journal of environmental policy, Vol. 06, No.1 83-109 (in Korean).
24. Kim, J., 2009, Economic Valuation of the River Water Quality Improvement in the River Taehwa: An Application of a Contigent Valuation Method with Multiple Choices, The Korean Journal of Local Government Studies, Vol. 13, No.2 137-154 (in Korean).
25. Kim, N., Choi, S., Oh, C., 2020, Assessing Public Preferences for Policies on Seawater Flowing of the Saemangeum Reclamation Site Using Choice Experiments, Journal of Environmental Policy and Administration, Vol. 28, No.3 87-111 (in Korean).
26. Kong, K., Park. D., Yoo. J., 2008, Estimating of Social Preference of the Watershed Resident about the Anyangcheon Watershed Water Quality Improvement, Journal of Korea Water Resources Association, Vol. 41, No.3 315-324 (in Korean).
27. Kwak, S., Yoo. S., Han. S., 2003, Valuing Multiple Environmental Impacts of Dam Construction -Application of a Contingent Choice Method-, KYUNG JE HAK YON GU, Vol. 52, No.02 239-259 (in Korean).
28. Kwon, O., Choi, J., Kim, W., An, D, Im, J., 2009, Valuing Environmental Benefits of an Environmentally Friendly Farming Complex: The Case of Paldang Clean Agricultural Belt, The Korean journal of agricultural economics, Vol. 50, No.1 33-56 (in Korean).
29. Lee, B., Lee, C., 2016, Water Quality Characteristics Changing in Shihwa Coastal Reservoir through Increase in Sea Water Circulation. Korean Society of Water Quality Vol.2016. 105-106 (in Korea).
30. Lee, B., Lee, C., 2021, A Statistical Assessment of Increasing Tidal Mixing Effects on Water Quality in the Shiwha Coastal Reservoir. Journal of Korean Society on Water Environment, Vol. 37, No. 6, 425-432 (in Korea).
31. Lee, J., Yoo, S., Kwak, S., 2007, Measuring the Economic Benefits of Water Quality Improvement of Nakdong-river -Using One One-Half Bound Dichotomous Choice Model, The Korean National Economic Association, Vol. 25, No.2 111-129 (in Korean).
32. Lee, H., Kang. J., Han, S., Kim. H., 2016, Valuating the Mangyeong River Space Using a Choice Experiment, Journal of Environmental Policy and Administration, Vol.24, No.3 1-24 (in Korean).
33. Ministry of Oceans and Fisheries, 2014, Development of Integrated Estuarine Management.
34. Lee, S., 2002, An Empirical Study on the Environmental Facilities Management Utilizing the Water Quality Improvement Value, The Korea Spatial Planning Review, Vol. 34, 4-60.
35. Leem, Y., Lee, J., 2005, An Estimation of the Value of Urban Ecological Riverside Park, Journal of the Korean Regional Development Association, Vol. 17, No.3 95-110 (in Korean).
36. Lim, S., Yoo. S., 2015, The feasibility analysis of restoring the ecological integrity of the Namyang and

- Yugu streams. Journal of the KRSA, Vol.31, No.4 25-45 (in Korean).
37. Ministry of Environment, 2021, Nakdong River Research III on operational improvement and ecological restoration measures.
 38. Noh, B., Lee, C. (KDI), 2006, Development of Sustainable Estuary Management Strategy in Korea III- Current Status of Estuaries and Estuary Management
 39. Park, D., 2008, A Behavioral Analysis on Downstream Residents of Bukhan River for Soil-Contaminated Water Abatement, Masters dissertation, Kangwon National University (in Korean).
 40. Park, S., Lim, S., Ryu, M., Yoo, S., 2015, The Recreational Benefits of the Jangheung Multi-purpose Dam, Journal of the KRSA, Vol.31, No.3 79-97 (in Korean).
 41. Rosenberger, Randall S., and John B. Loomis. 2001, Benefit transfer of outdoor recreation use values: A technical document supporting the Forest Service Strategic Plan (2000 revision). Gen. Tech. Rep. RMRS-GTR-72. Fort Collins, CO: US Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station. 59 p. 72.
 42. Shin, H., Jeon, C., Choi, I., Yeon, I., 2009, Estimation of Beneficiary's Willingness to Pay in Mid · Down-Stream Area to the Water Quality Improvements in Upper Bukhan River Basin, Seoul Studies, Vol. 10, No.4 91-106 (in Korean).
 43. Son, M., Cho, W., Kim, H., 2012, Elicitation of WTP Before and After Waterfront Restoration - Case Study of Cheonggyecheon Stream Restoration Project, Journal of the KRSA, Vol. 28, No. 2 23-37 (in Korean).
 44. Yoo, S., 2007, Measurement of the Environmental Value of the Seomjin-River Estuary. Journal of environmental policy, Vol. 6, No.2 1-25 (in Korea).
 45. Yoo, J., Kim, J., 2008, Using One and One-Half Bounded Dichotomous Choice Contingent Valuation Methods to Estimate Non-market Value of Otters in Cheongju, Cheongwon Area, Environmental and Resource Economics Review, Vol. 17, No.02 349-379 (in Korean).
 46. Yoo, S., Han, J., Park, S., 2009, The Economic Benefits from Restoring the Ecological Integrity of the Anseong River, Journal of the KRSA, Vol. 25, No.1 57-73 (in Korean).

-
- Received 17 November 2023
 - Finally Revised 23 November 2023
 - Accepted 24 November 2023