

## 괘생이모자반의 지속 가능한 관리에 대한 공공의 지불의사액 조사<sup>1)</sup>

김신영<sup>1</sup> · 김주희<sup>2</sup> · 유승훈<sup>3,†</sup>

<sup>1</sup>서울과학기술대학교 융합과학대학원 에너지정책학과 석사과정

<sup>2</sup>서울과학기술대학교 융합과학대학원 에너지정책학과 연구교수

<sup>3</sup>서울과학기술대학교 융합과학대학원 에너지정책학과 교수

## What Value Does the Public Place on the Sustainable Management of a Troublesome Marine Species? The Case of *Sargassum Horneri* in South Korea

Sinyoung Kim<sup>1</sup>, Juhee Kim<sup>2</sup>, and Seunghoon Yoo<sup>3,†</sup>

<sup>1</sup>Graduate Student, Department of Energy Policy, Graduate School of Convergence Science, Seoul National University of Science and Technology Seoul 01811, Korea

<sup>2</sup>Research Professor, Department of Energy Policy, Graduate School of Convergence Science, Seoul National University of Science and Technology Seoul 01811, Korea

<sup>3</sup>Professor, Department of Energy Policy, Graduate School of Convergence Science, Seoul National University of Science and Technology, Seoul 01811, Korea

### 요 약

괘생이모자반(*Sargassum horneri*)은 귀중한 해양생물이지만, 특정 지역에서 개체 수가 일정 수준을 초과할 경우 몇 가지 문제가 발생할 수 있다. 국내 일부 지역에서는 중국에서 유입된 대규모 괘생이모자반 유조로 인해 악취가 유발되고 관광업 및 어업활동에 피해를 주는 등 여러 문제가 발생했다. 따라서 해양수산부는 이러한 피해의 저감을 위해, 피해 발생 지역의 괘생이모자반을 수거하고 그것의 다양한 활용방안을 개발하여 지속 가능한 관리를 추진하고자 한다. 그러나 괘생이모자반을 수거하고 그것을 다양한 용도로 활용하는 지속 가능한 관리를 위해서는 상당한 공적 재원의 투입이 필요하다. 괘생이모자반의 지속 가능한 관리를 위한 공적 재원 투입의 타당성을 검토하기 위해 그것에 대한 경제적 가치의 정량적인 값이 필요하다. 본 논문에서는 조건부 가치측정법을 적용하여 괘생이모자반의 지속 가능한 관리에 대한 공공의 지불의사액(Willingness to Pay, WTP)을 추정하였다. 분석 모형으로는 0(영)의 WTP를 반영할 수 있는 스파이크 모형이 적용되었다. 추정 결과 가구당 연평균 WTP는 2,252원이었으며 1% 유의수준에서 통계적으로 유의했다. 이 값을 전국 단위로 확장하면 가구당 연평균 WTP는 458억으로 분석되었다.

**Abstract** – Although *Sargassum horneri* (*S.horneri*) is a valuable marine species, it can cause a number of damages if its population exceeds the appropriate level in a particular area. Floating *S.horneri* originated from China caused some damages of tourism and fishery, bad odor in some regions of South Korea. Therefore, the Ministry of Oceans and Fisheries plans to manage *S.horneri* in the regions by expanding direct collection and reclamation or utilization of that in sustainable way. The sustainable management requires significant cost and the cost will be covered by public fund. This study attempts to investigate the public willingness to pay (WTP) for the sustainable management of *S.horneri* using contingent valuation. A spike model was adopted for dealing with zero WTP in this study. The yearly mean WTP per household was estimated to be KRW 2,252 securing statistical significance. When the value expanded nationwide, it comes to KRW 45.83 billion per annum.

**Key words:** *Sargassum Horneri* (괘생이모자반), Sustainable Management(지속 가능한 관리), Contingent Valuation Method(조건부 가치측정법), Willingness to Pay(지불의사액)

<sup>†</sup>Corresponding author: shyoo@seoultech.ac.kr

<sup>1)</sup>본 논문은 제1저자 학위논문의 일부임.

## 1. 서 론

괘쟁이모자반(*Sargassum Horneri*)은 카리브해, 중국, 멕시코만, 일본, 그리고 국내 연안에 서식하는 모자반과(*Sargassaceae*) 갈조류이다(Byeon *et al.*[2019]; Herath *et al.*[2020]; Kim *et al.*[2018a]; Pang *et al.*[2009]). 괘쟁이모자반은 해안의 조간대 및 조하대 상부에 서식하며, 줄기에 기낭이 부착되어 있어 본래의 서식지로부터 이탈하여 약 5개월 동안 표류하며 해류와 바람을 따라 이동할 수 있다(Cortes *et al.*[2014]; Endo *et al.*[2019]; Wang *et al.*[2014]). 괘쟁이모자반은 치어를 포함한 다양한 해양생물의 먹이 또는 서식지이다(Kim *et al.*[2018a]; Wang *et al.*[2014]). 또한, 국내에서 괘쟁이모자반은 사료로 이용되며, 일본에서는 오래전부터 식용으로 이용되었다(Kim *et al.*[2018b]).

그러나 특정 지역에서 괘쟁이모자반의 개체수가 적정 수준을 초과하여 과도하게 증가하면 몇 가지 문제가 유발된다. 그 문제는 크게 두 가지로 구분된다. 첫째, 어업에 미치는 피해이다. 본래의 서식지를 이탈하여 표류하는 괘쟁이모자반은 어망과 양식장 구조물 등에 걸려 수산자원의 상품성을 훼손하는 등 경제적 피해를 유발한다. 대규모로 표류하는 괘쟁이모자반은 2017년 중국 장쑤성 김 양식장에서 약 0.5억 위안(약 87억원)의 경제적 손실을 야기했다(Liu *et al.*[2018]). 둘째, 외부 유입 등의 이유로 괘쟁이모자반의 개체수가 급증할 경우 해안가로 밀려와서 축적되고 부패하여 악취를 유발한다. 이로 인해 주변 자연경관 및 지역 관광업에 악영향을 미친다(Ansary *et al.*[2019]; Hwang *et al.*[2016]; Murakami *et al.*[2016]; Xu *et al.*[2018]).

국내에서는 2015년 1월부터 5개월 간 전남 신안군 해안과 제주 연안에서 3차례의 대규모 괘쟁이모자반 유조가 발생했다(Hwang *et al.*[2016]). 국내에서 발견되는 괘쟁이모자반 유조의 기원은 최근 바다숲 조성을 위해 괘쟁이모자반을 대규모로 양식한 중국 저장성 일대 및 동중국해가 유력하게 지목된다. 중국 저장성 및 동중국해 인근에서 양식된 괘쟁이모자반과 국내 해안에서 문제를 일으키는 그것의 염기서열이 99.9% 이상의 상동성(homology)을 갖기 때문이다(Moon *et al.*[2018]).

대규모 괘쟁이모자반 유조로 인해 전남 신안군 및 제주 해안에 여러 피해가 발생했다. 예를 들어, 전남 신안군 김 양식장에서는 괘쟁이모자반이 김발에 엉켜 김 업체가 탈락되고 김 생산량이 감소하여 어민들이 경제적 피해를 입었다. 전남 신안군 흑산도 다시마 양식장에서는 괘쟁이모자반이 다시마 업체에 엉켜 다시마의 성장을 방해하고 양식장 이탈을 유발하였다. 제주 해안에서는 해류와 바람을 따라 유입된 괘쟁이모자반이 어선 스크류에 걸려 기계 고장을 일으켰으며 다수의 어선 및 여객선이 입출항에 어려움을 겪었다. 또한 대규모 괘쟁이모자반은 전남 신안군 및 제주 해안가에 쌓이고 부패되어 악취를 유발하였고, 지역 주민 뿐만 아니라 관광객들에게도 큰 피해를 주었다(Hwang *et al.*[2016]).

따라서 해양수산부는 전남 신안군 및 제주 해안 등지에서 문제를 일으키는 괘쟁이모자반을 직접 수거하고 이후에 매립 또는 소각 대

신 다른양한 용도로 활용할 수 있는 방안을 개발하여 지속 가능한 관리를 목표로 하고 있다. 구체적으로 해양수산부해양수산부는 괘쟁이모자반의 유입을 조기에 감지하고 이동 경로를 추적하기 위한 항공기, 선박, 위성 자료 등을 활용한 조기경보체계를 2022년까지 구축할 예정이다. 또한 대규모 괘쟁이모자반 유조가 발생했을 때 해양수산부는 지자체 및 관계 기관과 협동하여 인력과 장비를 동원해 그것을 직접 수거할 예정이다. 다음으로 수거한 괘쟁이모자반을 매립하거나 소각하는 것이 아닌 다양한 용도로 활용하기 위한 연구개발이 진행될 예정이다. 예를 들어, 수거된 괘쟁이모자반은 비료와 가축사료, 발전용 연료, 화장품 원료, 의약품 원료 등에 활용될 수 있다.

그러나 해양수산부가 괘쟁이모자반의 지속 가능한 관리를 추진하기 위해서는 상당한 인적 및 경제적 자원이 필요하며 그것에 수반되는 비용은 공적 재원으로 충당될 것이다. 공적 자원 투입의 타당성을 평가하기 위해서는 총 비용과 편익의 비교가 필요하다. 전자가 후자보다 크면 해당 사업이 경제적 타당성을 갖지 못하는 것이고 후자가 전자보다 크다면 그 사업은 경제적 타당성을 확보하는 것으로 판단할 수 있다. 이때 괘쟁이모자반의 지속 가능한 관리를 추진하기 위해 수반되는 비용은 비교적 쉽게 산출이 되는 반면 그 사업으로 인해 국민들이 누리는 편익은 정량적으로 도출하기가 어렵다. 따라서 본 연구에서는 조건부 가치측정법(Contingent Valuation, CV)을 적용하여 괘쟁이모자반의 지속 가능한 관리에 대한 공공의 지불의사액(Willingness to Pay, WTP)을 추정하고 그것에 대한 총 편익을 산정하였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 제2절에서는 괘쟁이모자반의 지속 가능한 관리에 대한 공공의 WTP를 추정하기 위해 본 논문에서 적용한 연구방법론에 대해 서술한다. 제3절에서는 추정분석 결과 및 고찰이 제시된다. 마지막 절은 결론으로 할애한다.

## 2. 연구방법론

### 2.1 연구방법론의 선정

괘쟁이모자반의 지속 가능한 관리는 국민들의 세금을 원천으로 하는 공적 사업으로 추진되고 있다. 특히 해양수산부가 이 사업에 정부 예산을 투입하므로 괘쟁이모자반의 지속 가능한 관리는 공적 재원으로 추진되는 공공재적 성격을 가진다. 게다가 그것은 시장에서 사고 팔 수 있는 대상이 아닌 비시장재화의 성격도 가진다. 따라서 괘쟁이모자반의 지속가능한 관리의 경제적 가치를 평가하기 위해서는 비시장 공공재에 부합하도록 고안된 경제학적 방법의 적용이 필요하다. 비시장 공공재의 경제적 가치를 평가하기 위해 개발된 경제학적 방법론은 크게 현시선호 접근법과 진술선호 접근법의 2가지로 구성된다. 현시선호 접근법은 평가대상 재화와 관련이 있는 다른 시장재화에 대한 사람들의 소비 자료를 활용하여 평가대상 재화의 경제적 가치를 간접적으로 평가한다. 그러나 괘쟁이모자반의 지속가능한 관리와 관련된 시장재화가 없으므로 본 연구에서는 현시선호 접근법의 적용이 어렵다.

진술번호 접근법은 사람들에게 선호를 물어 얻은 응답을 분석한다. 따라서 설문조사가 필수적으로 요구되기에 적용에 있어서 시간과 비용이 많이 소요되는 단점을 가진다. 하지만 적용 대상에 있어서 제약이 없고, 사람들의 행동을 관측하기 어려운 경우에는 얼마든지 적용이 가능하며, 비사용가치를 포함하여 경제적 가치를 평가할 수 있다. 진술번호 접근법은 크게 선택실험법(Choice Experiment, CE)과 CV로 구성된다(Bateman *et al.*[2002]; Champ[2017]; Flores[2017]; Segerson[2017]). 평가대상이 다양한 속성으로 구성된 다속성 재화인 경우에는 CE를 적용하고 단일 속성으로 구성된 경우에는 CV를 적용하는 것이 적합하다(Bostan *et al.*[2020]). 본 연구의 평가 대상은 팽생이모자반의 지속 가능한 관리로 분명하게 정의되며 단일 속성이기 때문에 본 연구는 CV를 적용한다.

또한 국내외에서 팽생이모자반과 같은 해양생물뿐 아니라 육상생물을 관리하는 정책 및 활동에 대한 경제적 가치를 분석하는 연구에서 CV는 자주 적용되었다. 예를 들어, Chambers and Whitehead [2003], Han and Lee[2003], Jin *et al.*[2008], Lo and Jim[2015], Lim *et al.*[2017], Kim *et al.*[2020], Xu *et al.*[2021]은 각각 CV를 적용하여 늑대의 개체 수 관리, 만주흑곰 보존, 저어새 보존, 도십 녹지 조성 및 수목 관리, 독도물개 복원, 푸른바다거북 개체수 증가, 가시과래 제거의 경제적 가치를 추정하였다. 선행 연구사례의 주요 결과는 Table 1에 요약되어 있다. 선행연구사례 중 Xu *et al.*[2021]은 팽생이모자반과 유사한 해조류인 가시과래를 제거하는 것에 대한 공공의 WTP를 추정하였다는 점에서 본 논문과 상당히 유사하다. 하지만 본 연구의 평가대상은 팽생이모자반의 단순 제거가 아니고 그것의 활용방안에 대한 연구 개발을 포함하는 지속 가능한 관리라는 점에서 Xu *et al.*[2021]의 평가대상과 차별성이 있다.

**2.2 조건부 가치측정법의 적용**

CV의 적용 절차는 상당 부분 표준화되어 있다. 평가대상 재화를 선정하고 설문지에 제시할 내용이 명확하게 결정된 후 CV의 적용 절차는 크게 설문지의 작성, 설문조사의 수행, 수집된 자료의 분석으로 구성된다(Boyle[2017]; Johnston *et al.*[2017]; Haab *et al.*[2020]).

첫 번째 절차인 설문지 작성은 다음과 같이 진행되었다. 설문지

에는 중국에서 전남 신안군 및 제주 해안으로 유입된 팽생이모자반에 대한 설명 및 팽생이모자반으로부터 발생한 피해가 기술되었으며, 해양수산부 주도의 팽생이모자반의 지속 가능한 관리 계획에 대한 구체적인 내용이 보기카드와 함께 제시되었다. 또한 본 설문 이 진행되기 전에 30명으로 구성된 포커스 그룹을 대상으로 사전 설문조사를 시행하여 얻은 논평을 반영하여 설문지를 추가적으로 수정하였다. 게다가 평가대상 재화에 대한 WTP를 유도하기 위해 지불수단, 설문조사의 단위, WTP 유도 방법이 결정되어야 한다. 본 조사의 지불수단은 응답자들이 일상 생활에서 쉽게 접할 수 있는 연간 소득세로써 채택하였으며 가구당 10년 동안 연 1회 지불하는 것으로 가정하였다. 다음으로 Arrow *et al.*[1993] 및 Mitchell and Carson[1989]에서 제시된 권고에 따라 WTP 유도 방법으로 개방형이 아닌 폐쇄형 질문 방식을 적용한다. 폐쇄형 질문 방식의 예를 들면 다음과 같다. “귀하는 정부(해양수산부)가 팽생이모자반의 지속 가능한 관리를 추진하기 위해 향후 10년 동안 연간 소득세를 통해 3,000원을 추가적으로 지불할 의사가 있습니까?”. 또한, 폐쇄형 질문 방식 중 Cooper *et al.*[2002]에서 제안된 1.5경계 양분선택형 질문법이 본 논문에서 적용되었다. 1.5경계 양분선택형 (one and one-half bound dichotomous choice question) 질문법은 단일경계 양분선택형(single-bounded dichotomous choice) 질문법에서 발생하는 비효율성의 문제와 이중경계 양분선택형(double-bounded dichotomous choice) 질문법에서 발생하는 편이의 문제가 동시에 개선된다.

두 번째 절차로 현장 설문조사를 통해 응답 자료가 수집되었다. 설문조사 대상 지역의 범위, 표본의 크기, 조사 단위, 조사 방법은 다음과 같이 결정되었다. 첫째, 설문조사는 2020년 4월부터 약 한 달간 전국 단위로 실시되었다. 둘째, Arrow *et al.*[1993]의 지침에 따라 표본의 크기는 1,000으로 설정되었다. 셋째, 설문조사 단위는 “개인”이 아닌 “가구”로 설정하였다. 넷째, 많은 비용이 소요되더라도 불구하고 전문 여론조사 기관에 위탁하여 일대일 개별 면접 조사를 진행하였다. 표본 추출은 지역별 가구수에 비례한 표본층화 추출을 수행하였으며 조사 대상은 경제적 의사결정권이 있는 만 20세 이상 65세 이하의 세대주 혹은 그 배우자로 한정하였다. 세 번째 절차로 설문조사를 통해 수집된 응답 자료는 Arrow *et al.*[1993],

**Table 1.** Summary of literature reviews estimating WTP of managing terrestrial or marine species

Objects to be valued	Countries	Sources	WTP	Methodology
Wolves (Wolf management plan)	USA	Chambers and Whitehead [2003]	USD4.77 (household/year)	CV
Manchurian black bear preservation program	South Korea	Han and Lee[2003]	USD4.99 (household/year)	CV
Conservation of Black-faced spoonbill	China	Jin <i>et al.</i> [2008]	USD2.55~4.82 (household/month)	CV
Green space planning	Hong Kong	Lo and Jim[2015]	USD7.82 (household/month)	CV
Dokdo seals restoration project	South Korea	Lim <i>et al.</i> [2017]	USD4.86 (household/year)	CV
Increasing the number of Loggerhead turtles	South Korea	Kim <i>et al.</i> [2020]	USD1.99 (household/year)	CV
Elimination of <i>Ulva prolifera</i> bloom	China	Xu <i>et al.</i> [2021]	USD8.48 (household/year)	CV

Johnston *et al.*[2017]에서 제안된 몇 가지 지침을 준수하여 분석되었고 2.4절에서 더욱 자세히 다뤄진다. 예를 들어, 가구소득은 고정가치를 가지며 다양한 용도로 사용되어야 하며, S.horneri 외에도 많은 골치 아픈 해양종이 존재한다고 인터뷰 대상자에게 명시적으로 설명하였다.

### 2.3 응답 자료 수집

팽생이모자반의 지속 가능한 관리에 대한 공공의 WTP를 추정하기 위한 설문조사는 2020년 4월 한달간 전국 1,000가구를 대상으로 진행되었다. 설문지에는 팽생이모자반에 대한 설명 및 그것으로 인한 국내 일부 지역에서 발생한 피해와 팽생이모자반의 지속 가능한 관리로 인한 기대효과가 제시되었다. 설문조사를 수행한 여론조사 전문기관에 의하면 응답자들은 큰 어려움 없이 설문조사에 참여하였다. 제시금액은 본 설문조사 수행 전에 실시한 사전 조사를 통해 다음과 같이 7개의 제시금액(1000원~3000원), (2,000원~4,000원), (3,000원~6,000원), (5,000원~8,000원), (6,000원~10,000원), (8,000원~12,000원), (10,000원~15,000원) 중 1개가 무작위로 응답자에게 배정되었다.

전체 응답자는 2개의 그룹으로 구분되었다. 첫 번째 그룹 내 응답자들은  $A^L$ 을 먼저 제시받았고 응답자가 “예” 라고 응답하면  $A^U$ 를 지불할 의사가 있는지 추가로 질문 받았다. 반면 낮은 제시금액에 “아니오” 라고 응답한다면 추가질문은 제시되지 않았다. 두 번째 그룹 내 응답자는  $A^U$ 을 먼저 제시받았고 응답자가 “예” 라고 응답하면 추가질문은 제시되지 않았다. 반면 “아니오”라고 응답할 경우,  $A^L$ 을 지불할 의사가 있는지 추가로 질문 받았다.

## 2.4 분석

### 2.4.1 모형

#### 1) WTP 기본모형

Cameron and James[1987]에 제시된 WTP 함수 접근법과 Hanemann[1984]에 제시된 효용격차 접근법은 서로 쌍대(duality) 관계이므로 연구자는 연구에 맞게 적절한 접근법을 활용하는 것이 매우 중요하다(McConnell[1990]). 본 연구에서는 Hanemann[1984]에서 제시된 효용격차 접근법을 적용하였다.

1.5경계 양분선택형 질문법에서 도출되는 응답은 식 (1)과 같다. 즉 팽생이모자반의 지속 가능한 관리에 대한 지불의사액을 묻는 설문문의 응답 형태가 아래의 6개의 변수로 정의된다. 예를 들어, 응답자가 낮은 제시금액( $A^L$ )을 먼저 제시 받을 경우에는 위로부터 3가지의 응답 형태가 나타난다. 응답자가 높은 제시금액( $A^U$ )을 먼저 제시 받을 경우에는 아래의 3가지 응답 형태가 나타난다.

$$\left. \begin{aligned} I_i^{YY} &= 1(i\text{번째 응답자의 응답이 "예-예"}) \\ I_i^{YN} &= 1(i\text{번째 응답자의 응답이 "예-아니오"}) \\ I_i^N &= 1(i\text{번째 응답자의 응답이 "아니오"}) \\ I_i^Y &= 1(i\text{번째 응답자의 응답이 "예"}) \\ I_i^{NY} &= 1(i\text{번째 응답자의 응답이 "아니오-예"}) \\ I_i^{NN} &= 1(i\text{번째 응답자의 응답이 "아니오-아니오"}) \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

식 (1)에서 “아니오”와 “아니오-아니오”의 응답은 제시금액  $A^L$  보다 작은 양의 WTP와 0(영)의 WTP로 구분될 수 있다. 즉,  $I_i^N$ 과  $I_i^{NN}$ 은  $I_i^{NY}$ 와  $I_i^{NN}$ 로 세분화된다. WTP 누적분포함수를  $G_c(\cdot; \theta)$ 로 정의하고, 이 함수를 로지스틱(logistic) 함수로 가정하여 스파이크 모형을 구성하면 WTP 평균값을 추정할 수 있다. 따라서 로그-우도함수는 식 (2)와 같다.

$$\ln L = \sum_{i=1}^N \left\{ \begin{aligned} &I_i^{YY} \ln[1 - G_c(A_i^U)] \\ &+ I_i^{YN} \ln[G_c(A_i^U) - G_c(A_i^L)] \\ &+ I_i^N \ln G_c(A_i^L) \\ &+ I_i^Y \ln[1 - G_c(A_i^U)] \\ &+ I_i^{NY} \ln[G_c(A_i^U) - G_c(A_i^L)] \\ &+ I_i^{NN} \ln(G_c(A_i^L)) \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

#### 2) 스파이크 모형

응답 자료 분석 과정에서 많은 응답자가 0(영)의 WTP를 나타낸 것이 고려되어야 한다. 0(영)의 지불의사를 응답한 비율이 절반 이상을 차지하므로 분석과정에 반드시 포함되어야 한다. 이를 위해, 본 논문에서는 Kriström[1997]에 제시된 스파이크 모델을 적용하였다. 스파이크 모델에서 “스파이크”는 WTP가 0일 확률을 의미한다(Yoo and Kwak [2002]). 제시금액과 WTP가 각각  $S$ 와  $C$ 인 경우, 제시금액에 대해 “예”라고 답할 확률은 식 (3)과 같이 정의된다.

$$\Pr(\text{The answer is "Yes" to } S) = \Pr(C \geq S) = 1 - E_c(S; b_0, b_1) \quad (3)$$

여기서  $E_c(S; b_0, b_1)$ 는  $C$ 의 누적분포함수이고  $b_0, b_1$ 는 모수이다. 누적분포함수는 식 (4)와 같이 정의된다(Hanemann[1984], Yoo and Kwak[2002]).

$$E_c(S; b_0, b_1) = \begin{cases} [1 + \exp(b_0 - b_1 S)]^{-1} & \text{if } S > 0 \\ [1 + \exp(b_0)]^{-1} & \text{if } S = 0 \\ 0 & \text{if } S < 0 \end{cases} \quad (4)$$

## 3. 추정추정 결과 및 고찰

### 3.1 응답 분포자료

팽생이모자반의 지속 가능한 관리에 대한 WTP 응답의 분포는 Table 2에 제시되어 있다. 설문조사에 참여한 전국 1,000가구는 7개의 제시금액 범위 중 1개의 범위에 대해 팽생이모자반의 지속 가능한 관리에 대한 WTP를 답하게 된다. 제시금액은 최우추정법이 용이하게 적용될 수 있도록 1,000원 단위로 책정되었다. 또한 1,000가구 중 500가구는 낮은 제시금액을, 나머지 가구는 높은 제시금액을 먼저 제시받았다. 총 1,000가구 중 651가구는 주어진 제시금액에 대해 단 1원도 지불할 의사가 없다고 응답했다. 즉, 전체 응답자의 65.1%가 팽생이모자반의 지속 가능 관리에 대해 0(영)의 WTP를 밝혔다. 본 논문에서는 0(영)의 WTP를 반영할 수 있는 스파이크 모형이 적용되었다(Yoo and Kwak[2002]).

### 3.2 추정 결과

제시금액에 대해 응답자가 “예” 라고 대답할 확률에 영향을 주는

**Table 2.** Number of observations for each set of bids in the sample

Bids <sup>a</sup>		Number of answers				Totals
First	Second	“yes-yes”	“yes-no”	“no-yes”	“no-no”	Totals
1,000	3,000	10	13	7	42	72
2,000	4,000	8	10	15	38	71
3,000	6,000	6	11	16	38	71
5,000	8,000	3	4	12	52	71
6,000	10,000	7	5	11	48	71
8,000	12,000	6	5	8	53	72
10,000	15,000	7	4	13	48	72
Totals		47	52	82	319	500
First	Second	“yes”	“no-yes”	“no-no--yes”	“no-no-no”	Totals
3,000	1,000	17	8	4	42	71
4,000	2,000	17	4	10	41	72
6,000	3,000	10	5	12	45	72
8,000	5,000	6	4	9	52	71
10,000	6,000	7	1	15	48	71
12,000	8,000	8	2	10	51	71
15,000	10,000	5	2	12	53	72
Totals		70	26	72	332	500

Note: <sup>a</sup>The bids are shown in Korean won

응답자의 개별 특성에 대해서도 추가적으로 분석하고자 하였다. 응답자의 개별 특성으로는 소득 수준, 교육 수준, 나이, 팽생이모자반에 대한 사전지식 등이 있고, 이러한 특성들은 응답자의 제시금액에 대한 응답에 영향을 줄 수 있다. 따라서 본 논문에서는 응답자의 개별 특성이 그들의 제시금액에 대한 응답에 미치는 영향을 알아보기 위해 공변량이 포함된 모형을 분석하였다. 본 논문에서는 4개의 공변량이 사용되었으며, 공변량 정의 및 기초통계량 정보는 Table 3에 제시되어 있다. 더불어, 본 논문에서 사용된 4개의 공변량이 서로 상관관계가 있는지 확인하기 위해 공변량 간의 상관계수를 Table 4에 제시하였다. 각각의 공변량의 상관계수가 0.5보다 크다면 상관성이 높다고 판단할 수 있다. 즉, 서로 독립적인 변수가 아닌 것으로 판단할 수 있다. 반면, 각각의 공변량의 상관계수가 0.5보다 작다면 상관성이 낮다고 판단할 수 있다. 본 논문에서 사용된 4개의 공변량간 상관계수는 모두 0.5 이하로 각각 독립적이라고 판단할 수 있다.

1.5경계 양분선택형 질문법과 스파이크 모형을 통해 추정된 결과는 Table 5에 제시되어 있다. 공변량이 포함되지 않은 모형에서는 상수항 및 제시금액의 두 변수가 제시되어 있다. 두 변수에 대한 추정계수는 모두 1% 수준에서 통계적으로 유의하였다. 특히, 제시금액에 대한 추정계수는 음(-)의 부호를 띄고 있다. 이는, 제시금액이 높을수록 응답자가 제시된 금액에 ‘예’라고 응답할 확률이 낮아짐을 의미하는 것으로 설문조사 및 추정이 적절하게 수행되었음을 의미한다. 또한, 스파이크 값은 0.6572로 영(0)의 지불의사를 밝힌 응답자의 비율인 65.1%와 유사하여 스파이크 모형의 적용이 적절하게 수행되었음을 확인할 수 있다. 추정계수의 모든 값이 0이라는 귀무가설 하에 Wald 통계량은 181.96으로 계산되었다. *p*-값은 0.000이며, 이는 모형이 통계적 유의성을 가지고 있음을 의미한다. 분석 결과, 가구당 연평균 WTP는 2,252원으로 분석되었다. 검정통계량을 의미하는 *t*-값이 13.49로 팽생이모자반의 지속 가능한 관리에

**Table 3.** Information about some variables considered in this study

Variables	Definitions	Mean	Standard deviation
Income	Monthly income of the respondent’s household	6.04	0.49
Education	Education level of the respondent in years	14.10	2.24
Age	Age of the respondent	0.50	0.50
Knowledge	Dummy for the respondent’s knowing about <i>Sargassum horneri</i> before the survey (0 = no; 1 = yes)	0.07	0.26

**Table 4.** Correlation coefficient of covariates

Covariates	Education	Income	Age	Knowledge
Education	1.0000			
Income	0.3212	1.0000		
Age	-0.4558	-0.0328	1.0000	
Knowledge	0.0844	0.0469	-0.0009	1.0000

**Table 5.** Estimation results of model without covariates and with covariates

Variables	Model without covariates		Model with covariates	
Variables	Coefficient estimates	t-values	Coefficient estimates	t-values
Constant	-0.6507	-9.89 <sup>#</sup>	-4.0895	-4.18 <sup>#</sup>
Log of Income			0.2601	1.85 <sup>*</sup>
Education			0.1360	3.70 <sup>#</sup>
Age			0.1222	1.57
Knowledge			1.0584	4.59 <sup>#</sup>
Bid amount	-0.1864	-16.14 <sup>#</sup>	-0.1930	-18.23 <sup>#</sup>
Spike	0.6572	44.35 <sup>#</sup>	0.6631	43.72 <sup>#</sup>
Mean willingness to pay per households per year	2,252	13.49 <sup>#</sup>	2,129	13.42 <sup>#</sup>
95% CI <sup>b</sup>	1,964 to 2,605		1,850 to 2,483	
99% CI <sup>b</sup>	1,881 to 2,742		1,770 to 2,593	
Wald statistics(p-values)	181.96 <sup>#</sup> (0.000)		180.06 <sup>#</sup> (0.000)	
Log-likelihood	-1,031.96		-1,004.80	
Sample size	1,000		1,000	

Note: <sup>a</sup>Variables considered in the study are presented in Table 3. <sup>b</sup>CI means confidence interval, which is computed using the method reported in Krinsky and Robb [1986]. # and \* indicate statistical significance at the 5% and 10% levels, respectively

대한 가구당 연평균 WTP는 유의수준 1%에서 통계적으로 유의하게 추정되었다. 또한, Krinsky and Robb[1986]에서 제안된 방법을 적용하여 가구당 연평균 WTP의 신뢰구간을 산출하여 제시하였다. 가구당 연평균 WTP의 95% 신뢰구간은 1,964원에서 2,605원 사이로 추정되었다.

본 논문에서는 응답자와 관련된 4개의 공변량을 포함하는 모형도 추정되었다. 상수항, 소득 수준, 교육 수준, 팽생이모자반에 대한 사전지식의 추정계수는 10% 수준에서 통계적으로 유의하였으며, 응답자의 나이는 통계적으로 유의하지 않았다. 소득 수준, 교육 수준, 팽생이모자반에 대한 사전지식의 추정계수가 양(+)의 부호를 갖는 것은 소득 수준이 높을수록, 교육 수준이 높을수록, 팽생이모자반에 대한 사전지식이 있을수록 주어진 제시금액에 “예”라고 응답할 확률이 높아짐을 의미한다. 또한, Wald 통계량에 해당하는 p-값은 모형이 유의하지 않다는 귀무가설이 1% 수준에서 기각됨을 의미한다.

### 3.3 고찰

본 논문의 결과는 학술적 및 정책적 측면에서 크게 네가지의 시사점을 갖는다. 첫째, 본 논문에서는 팽생이모자반의 지속 가능한 관리에 대한 공공의 WTP가 정량적으로 분석되었다. 해양 및 육상생물의 개체수 증가 및 감소를 포함한 관리에 대한 공공의 WTP를 추정하기 위해 CV가 적용된 선행연구사례가 다수 있었다. 그러나 팽생이모자반을 수거하고 그것을 다양한 용도로 활용하는 지속 가능한 관리에 대한 공공의 WTP를 추정하는 연구사례는 지금까지 없었다. 특히, 해양 정책 분야에서 널리 활용되어 온 CV를 적용하여 팽생이모자반의 지속 가능한 관리에 대한 공공의 WTP가 통계적으로 유의하게 분석된 것은 학술적으로 의미가 있다. 또한, 설문조사에서 0(영)의 지불의사를 답한 응답자가 전체의 반 이상을 차지했다는 점을 고려하면 본 논문에서 스파이크 모형이 적용된 것은

적절하다고 판단된다.

둘째, 팽생이모자반의 지속 가능한 관리에 대한 가구당 연평균 WTP는 2,252원으로 추정되었다. CV를 적용하는 연구의 주된 목적은 표본 값을 모집단의 값으로 확장하는 것이다. 즉, 대표성을 지닌 표본에서 얻은 값을 전국 단위로 확대함으로써 평가대상의 경제적 가치를 정량적으로 산출할 수 있다. 전국 1,000가구를 대상으로 진행한 설문조사 응답자료를 통해 추정된 팽생이모자반의 지속 가능한 관리에 대한 가구당 WTP는 전국 단위로 확대될 수 있다. 본 논문에서 추정된 가구당 연평균 WTP에 통계청이 제공하는 2020년 전국 추계가구수(2,034,567가구)를 곱하여 팽생이모자반의 지속 가능한 관리에 대한 연간 가치는 약 458억원으로 계산되었다.

셋째, 공변량은 응답자가 제시금액에 “예”라고 응답할 확률에 유의미한 영향을 가진다. 예를 들어, 응답자의 소득 수준이 높을수록, 교육 수준이 높을수록, 팽생이 모자반에 대한 사전지식이 있는 경우 제시금액에 “예”라고 응답할 가능성이 더 높다. 특히 팽생이모자반에 대한 사전지식이 그것의 지속 가능한 관리에 대한 지불의사에 양(+)의 영향을 미치는 것으로 분석된 결과를 통해 팽생이모자반에 대한 홍보 및 캠페인이 그것의 지속가능한 관리가 안정적이고 성공적으로 수행되도록 하기위한 효과적인 방안이 될 것으로 예상할 수 있다.

넷째, 전체 응답자의 65.1%가 팽생이모자반의 지속 가능한 관리에 대해 0(영)의 지불의사를 답했다. 따라서, 해양수산부는 이러한 응답이 나온 이유를 고려할 필요가 있다. 설문지에는 WTP가 0원인 이유를 묻는 간략한 질문이 포함되었다. 응답자들은 다양한 이유를 제시했지만, 주된 이유는 세 가지로 정리될 수 있다. 첫째, 이미 부과된 세금을 사용하여 팽생이모자반의 지속 가능한 관리를 추진해야 하고 둘째, 응답자가 판단할 수 있는 충분한 정보가 설문지에 제공되지 않았으며 셋째, 이 사안은 응답자가 우선순위를 정할 수 있을 만큼 중요하지는 않았다는 것이 주요 이유이다.

## 4. 결 론

팽생이모자반은 다양한 해양생물의 먹이 및 은신처가 되는 등 긍정적 역할을 수행하는 갈조류이지만, 특정 지역에서 개체수가 적정 수준 이상으로 늘어나면 몇 가지 피해가 발생한다. 중국 저장성 및 동중국해 양식장에서 이탈한 대규모 팽생이모자반 유조는 전남 신안군 및 제주 해안으로 유입되어 다양한 피해를 유발했다. 이에, 해양수산부는 유입된 팽생이모자반을 수거하고 그것을 약의 원료, 사료, 발전소 연료 등 다양한 용도로 활용이 가능하게 하는 연구개발이 포함된 지속 가능한 관리를 추진하고자 한다. 그러나 팽생이모자반의 지속 가능한 관리에는 적지 않은 공적 재원이 투입되어야 한다. 본 논문에서는 CV를 적용하여 팽생이모자반의 지속 가능한 관리에 대한 경제적 가치를 정량적으로 분석했으며 그 결과 연간 약 458억원의 편익이 발생하는 것으로 추정되었다.

본 논문의 결과를 바탕으로, 향후 크게 세 가지의 후속 연구가 필요하다. 첫째, 아직까지는 팽생이모자반의 지속가능한 관리에 대한 정확한 비용정보가 없기에 본 논문에서는 경제성 분석이 수행되지 않았다. 추후 비용에 대한 값을 얻을 수 있다면 본 연구결과를 활용하여 경제성 분석이 가능할 것이다. 즉, 편익/비용 비율(Benefit cost ratio, B/C ratio)분석 등을 통해 팽생이모자반의 지속가능한 관리가 경제적 타당성을 갖는지 여부를 확인할 수 있다. 또한 경제적 타당성을 갖는다면 팽생이모자반의 지속가능한 관리의 추진에 대한 정당성을 확보할 수 있다. 둘째, 팽생이모자반으로 인한 피해는 국내뿐만 아니라 중국과 일본에서도 발생하고 있다. 따라서 중국과 일본에서도 유사한 연구가 수행된다면 본 논문의 연구 결과와 비교하여 유의미한 시사점을 도출할 수 있다. 셋째, 본 논문에서는 전국 1,000가구를 대상으로한 설문조사 결과가 사용되었지만, 향후 표본의 크기를 확대할 수 있다면 지역별 WTP 분석 등 응답자의 특성에 따라 구분하여 분석하고 비교하여 중요한 시사점을 도출할 수 있다. 넷째, 본 논문에서는 지불의사 유도방법으로 간단한 폐쇄형 질문 형식만 사용되었지만, 향후 연구에서는 다양한 종류의 폐쇄형 질문 형식이 활용될 수 있을 것이다. 따라서 서로 다른 형식의 폐쇄형 질문이 공공의 WTP 추정 결과의 차이에 미치는 영향을 확인할 수 있고 학술적으로 의미있는 결과를 도출할 수 있다.

## References

[1] Ansary, M.W.R., Jeong, H.S., Lee, K.W., Kim, H.S., Kim, J., Yun, A., Kim, T.I., 2019, The Effect of Substituting *Undaria Pinnatifida* in Formulated Feeds with *Sargassum horneri* on Growth and Body Composition of Juvenile Abalone (*Haliotis discus*, Reeve 1846), *J. Appl. Phycol*, 31(3), 2125-2132.

[2] Arrow, K., Solow, R., Portney, P.R., Leamer, E.E., Radner, R., Schuman, H., 1993, Report of the NOAA Panel on Contingent Valuation. *Fed. Reg.*, 58(10), 4601-4614.

[3] Bateman, I.J., Carson, R.T., Day, B., Hanemann, M., Hanley, N., Hett, T., Sugden, R., 2002, Economic Valuation with Stated

Preference Techniques: A Manual, Edward Elgar Publishing: Cheltenham, UK.

[4] Bostan, Y., Ardakani, A.F., Sani, M.F., Sadeghinia, M.A., 2020, Comparison of Stated Preferences Methods for the Valuation of Natural Resources: The Case of Contingent Valuation and Choice Experiment. *Int. J. Environ. Sci. Technol.*, 1-16.

[5] Boyle, K.J., 2017, Contingent Valuation in Practice. In Champ, P.A.; Boyle, K.J.; Brown, T.C. *A Primer on Nonmarket Valuation*, 2nd ed.; Springer: Dordrecht, Netherland.

[6] Byeon, S.Y., Oh, H.J., Kim, S., Yun, S.H., Kang, J.H., Park, S.R., Lee, H.J., 2019, The Origin and Population Genetic Structure of the 'Golden tide' Seaweeds, *Sargassum Horneri*, in Korean Waters, *Sci. Rep.*, 9(1), 1-13.

[7] Cameron, T.A., and James, M.D., 1987, Efficient estimation methods for "closed-ended" contingent valuation surveys. *The review of economics and statistics.*

[8] Chambers, C.M., Whitehead, J.C., 2003, A Contingent Valuation Estimate of the Benefits of Wolves in Minnesota. *Envir. Resour. Econ.*, 26(2), 249-267.

[9] Champ, P.A., 2017, Collecting Nonmarket Valuation Data. In *A Primer on Nonmarket Valuation*, 2nd ed.; Springer: Dordrecht, Netherland.

[10] Cooper, J.C., Hanemann, M., Signorello, G., 2002, One-and-one-half-bound Dichotomous Choice Contingent Valuation. *Rev. Econ. Stat.*, 84(4), 742-750.

[11] Cortes, J., Samper-Villarreal, J., Bernecker, A., 2014, Seasonal Phenology of *Sargassum Liebmannii* J. Agardh (Fucales, Heterokontophyta) in an Upwelling Area of the Eastern Tropical Pacific, *Aquat. Bot.*, 119, 105-110.

[12] Endo, H., Nishigaki, T., Yamamoto, K., Takeno, K., 2019, Subtidal Macroalgal Succession and Competition between the Annual, *Sargassum Horneri*, and The Perennials, *Sargassum Patens* and *Sargassum Piluliferum*, on an Artificial Reef in Wakasa Bay, *Japan. Fish. Sci.*, 85(1), 61-69.

[13] Flores, N.E., 2017, A Conceptual Framework for Nonmarket Valuation. In *A Primer on Nonmarket Valuation*, 2nd ed.; Springer: Dordrecht, Netherland.

[14] Haab, T., Lewis, L., Whitehead, J., 2020, State of the Art of Contingent Valuation. In *Oxford Research Encyclopedia of Environmental Science*, Oxford University Press: Oxford, UK.

[15] Han, S.Y., Lee, C.K., 2003, Estimating the Value of Preserving the Manchurian Black Bear Using the Contingent Valuation Method. *Scand. J. For. Res.*, 23(5), 458-465.

[16] Hanemann, W.M., 1984, Welfare Evaluations in Contingent Valuation Experiments with Discrete Responses. *Am. J. Agric. Econ.*, 66(3), 332-341.

[17] Herath, K.H.I.N.M., Kim, H.J., Jang, J.H., Kim, H.S., Kim, H.J., Jeon, Y.J., Jee, Y., 2020, Mojabanchromanol Isolated from *Sargassum Horneri* Attenuates Particulate Matter Induced Inflammatory Responses via Suppressing TLR2/4/7-MAPK Signaling in MLE-12 Cells, *Mar. Drugs.*, 18(7), 355.

- [18] Hwang, E.K., Lee, S.J., Ha, D.S., Park, C.S., 2016, *Sargassum* Golden Tides in the Shinan-gun and Jeju Island, Korea, Korean. J. Fish. Aquat. Sci, 49(5), 689-693.
- [19] Jin, J., Wang, Z., Liu, X., 2008, Valuing Black-faced Spoonbill Conservation in Macao: A Policy and Contingent Valuation Study. Ecol. Econ, 68(1-2), 328-335.
- [20] Johnston, R.J., Boyle, K.J., Adamowicz, W., Bennett, J., Brouwer, R., Cameron, T.A., 2017, Vossler, C. A. Contemporary Guidance for Stated Preference Studies. J. Assoc. Environ. Resour. Econ, 4(2), 319-405.
- [21] Kim, H.S., Sanjeeva, K.K., Fernando, I.P., Ryu, B., Yang, H.W., Ahn, G., Jeon, Y.J., 2018a, A Comparative Study of *Sargassum Horneri* Korea and China Strains Collected along the Coast of Jeju Island South Korea: Its Components and Bioactive Properties, Algae, 33(4), 341-349.
- [22] Kim, D.S., Sung, N.Y., Park, S.Y., Kim, G., Eom, J., Yoo, J.G., Seo, I.R., Han, I.J., Cho, Y.B., Kim, K.A., 2018b, Immunomodulating Activity of *Sargassum Horneri* Extracts in RAW264.7 Macrophages, J. Nutr. Health, 51(6), 507-514.
- [23] Kim, J.H., Choi, K.R., Yoo, S.H., 2020, Public Perspective on Increasing the Numbers of An Endangered Species, Loggerhead Turtles in South Korea: A Contingent Valuation. Sustainability, 12(9), 3835.
- [24] Krinsky, I., Robb, A.L., 1986, On Approximating the Statistical Properties of Elasticities. Rev. Econ. Stat, 68, 715-719.
- [25] Kriström, B., 1997, Spike Models in Contingent Valuation. Am. J. Agric. Econ, 79(3), 1013-1023.
- [26] Lim, S.Y., Jin, S.J., Yoo, S.H., 2017, The Economic Benefits of the Dokdo Seals Restoration Project in Korea: A Contingent Valuation Study. Sustainability, 9(6), 968.
- [27] Liu, F., Liu, X., Wang, Y., Jin, Z., Moejes, F.W., Sun, S., 2018, Insights on the *Sargassum Horneri* Golden Tides in the Yellow Sea Inferred from Morphological and Molecular Data, Limnol. Oceanog, 63(4), 1762-1773.
- [28] Lo, A.Y., Jim, C.Y., 2015, Protest Response and Willingness to Pay for Culturally Significant Urban Trees: Implications for Contingent Valuation Method. Ecol. Econ, 114, 58-66.
- [29] McConnell, K.E., 1990. Models for Referendum Data: The Structure of Discrete Choice Models for Contingent Valuation. J. Environ. Econ. Manage, 18(1), 19-34.
- [30] Mitchell, R.C., Carson, R.T., 1989, Using Surveys to Value Public Goods: The Contingent Valuation Method, Resources for the Future: Washington DC, USA.
- [31] Moon, K.M., Park, S.H., Heo, M.S., 2018, Phylogenetic Diversity and Community Structure of Microbiome Isolated from *Sargassum Horneri* off the Jeju Island Coast, J. Life. Sci., 28(10), 1179-1185.
- [32] Murakami, K., Yamaguchi, Y., Sugawa-Katayama, Y., Katayama, M., 2016, Effect of Water Depth on Seasonal Variation in the Chemical Composition of Akamoku, *Sargassum Horneri* (Turner) C, Agardh, Nat. Resour, 7(4), 147.
- [33] Pang, S.J., Liu, F., Shan, T.F., Gao, S.Q., Zhang, Z.H., 2009, Cultivation of the Brown Alga *Sargassum horneri*: Sexual Reproduction and Seedling Production in Tank Culture under Reduced Solar Irradiance in Ambient Temperature, J. Appl. Phycol, 21(4), 413-422.
- [34] Segerson, K., 2017, Valuing Environmental Goods and Services: An Economic Perspective. In a Primer on Nonmarket Valuation, 2nd ed.; Springer: Dordrecht, Netherland.
- [35] Wang, G, Sun, J., Liu, G, Wang, L., Yu, J., Liu, T., Chi, S., Liu, C., Guo, H., Wang, X., Wu, S., 2014, Comparative Analysis on Transcriptome Sequencings of Six *Sargassum* Species in China, Acta. Oceanol. Sin, 33(2), 37-44.
- [36] Xu, M., Sasa, S., Komatsu, T., 2018, *Sargassum horneri* C. Agardh Space Capacity Estimation Reveals that Thallus Surface Area Varies with Wet Weight, Plos. One, 13(6), e0199103.
- [37] Xu, Z., Li, J., Yang, Z., Shan, J., 2021, Residents' Willingness to Pay for the Elimination of *Ulva prolifera* Bloom: A Case Study in Qingdao, China. J. Environ. Plan. Manag, 64(5), 755-773.
- [38] Yoo, S.H., Kwak, S.J., 2002, Using a Spike Model to Deal with Zero Response Data from Double Bounded Dichotomous Choice Contingent Valuation Surveys. Appl. Econ. Lett, 9(14), 929-932.

---

Received 7 September 2021

1st Revised 15 October 2021, 2nd Revised 30 December 2021

Accepted 10 January 2022