

選択型コンジョイント分析による水田生物と 環境保全型農法の経済的価値

佐野 光大*・杉本 真悟*・堀井 裕一**・有路 昌彦***・細谷 和海*

*近畿大学農学部環境管理学科

**近畿大学大学院農学研究科環境管理学専攻

***近畿大学農学部水産学科

Economic value of aquatic organisms and conservation agriculture in rice fields : An approach by the conjoint analysis

Kodai SANO*, Shingo SUGIMOTO*, Yuichi HORII**, Masahiko ARIJI*** and
Kazumi HOSOYA*

*Department of Environmental Management, Faculty of Agriculture, Kinki University

**Program in Environmental Management, Graduate School of Agriculture, Kinki University

***Department of Fisheries, Faculty of Agriculture, Kinki University

Synopsis

The price of the aquatic organisms in rice fields was examined by an environmental economic evaluation method, the conjoint analysis. The investigation was carried out by questionnaires to the students in the Faculty of Agriculture, Kinki University. Marginal Willingness to Pay (MWTP) by a 1 % increase in the number of *Oryzias latipes* (Japanese killifish) and that of aquatic insects, was calculated as 48 yen and 28 yen, respectively. The value of *Oryzias latipes* is higher than that of aquatic insects. The MWTPs of the farming method with reduced agricultural chemicals and that of organic farming were, 2,212 yen and 3,905 yen, respectively; resulting in a higher value than the conventional farming method. Comparison of the MWTP between sexes and regions, revealed that the men's price for *Oryzias latipes* is higher by 11 yen and the female price for aquatic insects is higher by 4 yen. The students from attending Osaka Prefecture, evaluated farming methods more than those from Nara Prefecture. The questionnaires also showed that men had 10 % greater experience than women in collecting living organisms from rice fields. The experience in early childhood, was considered to induce the difference between men and women. The students both from Osaka and those from Nara, evaluated the quality of farm products and productivity more, respectively. These results suggest that the number of farmers is greater in Nara than Osaka.

Keywords: Environmental evaluation, Conjoint analysis, Biodiversity in rice fields, Agricultural methods

1. はじめに

水田は、食料生産機能以外に資源保護機能、洪水防止機能、やすらぎ機能などさまざまな多面的機能を有している。また、水田は後背湿地に由来する代表的な二次的自然であるため、かつて湿地帯に生息していた多くの水生生物が代替的に水田

環境を利用している。そのため、水田には稲を育てるだけでなく、多くの水生生物を無理なく保護し育むことのできる、人間と自然の調和を計ることができる場としての機能（生物多様性保全機能）も併せもっている。しかし、圃場整備や農薬の過剰使用などの生産性向上を重視する農業の近代化により、水田の生物は激減し、水田環境がも

つ生物多様性保全機能が急速に失われつつある。生物多様性の減少は、わが国だけではなく世界的にも問題視され、生物多様性の保護が必要であるとの認識が広まってきている。それを受けて近年、環境に対する関心が一般の人の中で高まっているが、生物多様性保全機能の重要性はいまだ広く認識されていないのが現状である。

これまで水田の経済的価値を評価・検証した先行研究⁽¹⁾では、水田そのものの価値評価にとどまっており、各属性の重要度を一般の人がどの程度認識しているのかは明らかにされていない。

環境と開発の利害が対立する場面で、環境の経済的価値が具体的に示されれば、多くの人にとって開発の是非を判断する材料になり、生物多様性の重要性を再認識するきっかけとなる。そこで、本研究では環境経済評価法の1つである選択型コンジョイント分析を用いて、水田に生息する生物（メダカ、水生昆虫）と、環境保全型の農法（減農薬農法、有機農法）に対する学生の認識を明らかにし、水田の生物多様性保全機能の経済的価値を明確にすることを目的とした。本報ではその第1歩として、試験的に近畿大学農学部において行ったアンケート調査から得た分析結果を記す。

2. 方法

コンジョイント分析は、主に計量心理学やマーケティングの部門で用いられてきた手法であり、近年、環境評価への適用が進められている。コンジョイント分析法は、評価対象を構成するさまざまな属性別に評価することが可能であり、他の手法にはない利点がある。設問方式は、ペアワイズ評定型や選択型などがあり、本研究では選択型コンジョイント分析を用いた⁽²⁾。

分析に必要なサンプルはアンケート調査によって得た。調査は2009年11月28日に行なわれた第四回里山学連続講座への出席者86名、12月12日に開かれた里山観察会に出席した学生24名、12月16日に実施された講義、野生動物保護論の受講者101名、里山委員会の教授5名、水圏生態学研究室の学生31名の計247名を対象とした。調査票は配布数290に対し、回収できた250の調査票を分析に用いた。そのうち、無回答のものは抵抗回答とし分析から除外した。回答者の構成を表1に示す。

質問票は、提示した水田の価格とコンジョイント分析で用いられるプロファイル（各属性の組み合わせ）を選ぶ5問と回答者の水田や環境問題に対する意識を問う10問、性別や出身地、年齢などの個人属性に関する8問のあわせて23問とした。

プロファイルに使用する属性は水田に生息する水生生物と農法を設定した。生物にはゲンゴロウやタガメ、アメンボなどを1つにまとめた水生昆虫および代表的な水生生物であるメダカの2種類を選定し、生息の定義を生息密度として表した。そのため、生息密度が100%となるときはアンケート回答者が想像する水田において、相対的にメダカが多く存在することを示した。農法に関しては慣行農法を中心に減農薬農法と有機農法それぞれとの違いを説明文として提示した。上記の水準は「税金（1,000円、3,000円、5,000円、7,000円）」「水生昆虫生息の有無（0%、33%、66%、100%）」「メダカ生息の有無（0%、33%、66%、100%）」「農法（慣行農法、有機農薬農法、無農薬農法）」と設定した。これらの属性・水準を用いて、1つの質問票に合計5問すなわち15個の選択セットを作成し、アンケートに使用した。3つのプロファイルからなる選択実験の例を表2に示す。設問の組み合わせは $4^3=64$ 通り存在し、回答者にはランダムに選定した5通りの設問を提示した。

質問票では、属性の水準値に関する理解が回答者によって異ならないよう、プロファイルを選択する設問の前にはイラストを加え、専門的な単語についても文章による説明を適時行なった。

表1 回答者の構成

		人数	割合
性別	男性	164	69 %
	女性	75	31 %
地域	奈良県	104	43 %
	大阪府	81	34 %
	兵庫県	21	9 %
	京都府	18	8 %
	滋賀県	5	2 %
	和歌山県	3	1 %
	その他	7	3 %
年収	200万円以下	29	18 %
	201～800万円	90	54 %
	801万円以上	47	28 %

n=239

表2 選択実験の1例

次の3種類の条件の水田のうち、妥当だと思う水田を選んでください。				
	①	②	③	④
メダカ生息の有無(%)	0	33	66	支払わない
水生昆虫生息の有無(%)	33	0	66	
農法	減農薬	減農薬	有機	
負担金額(環境税)(円/年)	5,000	3,000	3,000	

3. モデル

選択型コンジョイント分析では、以下のような条件つきロジットモデルにより推定を行なう⁽³⁾。条件つきロジットモデルとは、個人が複数の選択肢の中から1つの選択肢を選ぶ確率を表す統計モデルである⁽⁴⁾。

まず個人 n は、選択しないというオプションを含めた選択肢集合 C に含まれる。選択肢 i について、それぞれ以下の効用関数を得ると想定する。

$$U_{in} = V_{in} + e_{in} \quad (1)$$

ただし、 U_{in} は個人 n が選択肢 i を選択した時の効用の合計、 V_{in} は選択肢を構成する属性により決定される観測可能な要素、 e_{in} は分析者からは観測不能な要素である。

このとき、選択肢集合 C から個人 n が選択肢 i を選択する確率 $P_n(i|C)$ は次のように表せる。

$$P_n(i|C) = P_r(U_{in} > U_{jn}) = P_r(V_{in} - V_{jn} > e_{jn} - e_{in}) \quad (2)$$

確率項がロケーション・パラメータ 0、スケール・パラメータ 1 のガンベル分布（第一種極値分布）とし、「無関係な選択肢からの独立性」の仮定をおくと次のような条件つきロジットモデルが得られる。

$$P_n(i|C) = \frac{\exp(V_{in})}{\sum_{j \in C} \exp(V_{jn})} \quad (3)$$

ここで、前節の手順によって求められた効用関数のパラメータの推計値から、確定効用が選択肢 i の効用を規定する属性変数 X と環境税 TAX について、線形、加法的な関数である場合、効用関数の観測可能な要素である V_{in} は以下の式のように表わされる。

$$V_{in} = \sum_{k \in K} \beta_{ik} X_{ik} + \beta_{TAX} TAX \quad (4)$$

対数尤度関数の値を最大化することによって、(4)式の確定効用のパラメータ β を推定できる。このとき、ある属性 X_i が1単位増加したことに対する限界支払意思額（MWTP）は以下の計算式で得られる。

$$MWTP_{X_i} = -\frac{\beta_i}{\beta_{TAX}} \quad (5)$$

なお、本研究では、属性変数 X として、「メダカ」、「水生昆虫」、「減農薬農法ダミー」、「有機農法ダミー」「負担金額」の5つを想定するため、計測モデルは(4)式に基づき以下の(6)式で示される。

$$V_{in} = \beta_{medaka} MEDAKA + \beta_{konchu} KONCHU + \beta_{gennou} GENNOU + \beta_{yuuki} YUUKI + \beta_{TAX} TAX \quad (6)$$

ここで、変数 MEDAKA は水田におけるメダカの生息密度を百分率で表す変数、変数 KONCHU は水田における水生昆虫の生息密度を百分率で表す変数である。変数 GENNOU は水田の農法が減農薬農法であるとき 1、それ以外の農法の場合は 0 となるダミー変数、変数 YUUKI は、水田の農法が有機農法であるとき 1、それ以外の農法の場合は 0 となるダミー変数を指している。つまり、慣行農法を基準におき、3つの農法の中で基準を 0 にした場合、残り 2つをパラメータによってそれぞれを説明可能な変数として表すことができる。そのため、1もしくは0に対する WMTF は変化分を問うものではなく、それぞれの項目に対する WTP となる。

以下では、(6)式のパラメータを推定し、その推定結果を用いて(5)式に基づき各属性の MWTP を推定する。

4. 分析結果

4.1. 条件つきロジットモデルの推定結果

条件つきロジットモデルによる推定結果を表3、表4、表5に示す。ここで観測値数は、回答者の数×選択実験の質問数（ここでは5個）を意味する。

推定結果から、変数 MEDAKA の符号は正、変数 KONNCHU の符号は正、変数 GENNOU の

符号は正、変数 YUUKI の符号は正、変数 TAX の符号条件は負であり、事前に想定された符号条件と合致している。なお、表では変数 TAX の推計値が 0.00 となっており、負の符号が明示的でないのは、小数点以下の値を四捨五入しているためである。また、すべての推定結果において ASC 以外の係数は統計的に有意である。さらに、McFadden の修正済決定係数は、0.160 から 0.199 の間の値を示しており、今回推定したモデルは全体的に当てはまりがよいと見なせる⁽⁴⁾。表 3 は「全体」、表 4 は「性別」、表 5 は「地域別（奈良県、大阪府）」における条件つきロジットモデルの推定結果を示している。表 2 から MEDAKA、KONCHU、GENNOU、YUUKI、TAX のすべての変数について係数の P 値が 0.05 以下であり、5% 水準で統計的に有意である。そのため、これらの変数は水田の選択に影響を与えていることが言えた。

表 3 条件つきロジットモデルの推定結果（全体）

	全体		
	推計値	t 値	P 値
ASC	-0.28	-1.52	[.128]
MEDAKA	0.01	9.36	[.000]
KONCHU	0.01	5.68	[.000]
GENNOU	0.68	4.89	[.000]
YUUKI	1.20	7.12	[.000]
TAX	0.00	-11.66	[.000]
観察数	1210		
対数尤度	-1380.66		
シュワルツの B.I.C.	1401.95		
マクファーデンの R ²	0.17691		

注) p-value<0.05

表 4 条件つきロジットモデルの推定結果（性別）

	男性		
	推計値	t 値	P 値
ASC	-0.32	-1.47	[.143]
MEDAKA	0.02	8.01	[.000]
KONCHU	0.01	4.70	[.000]
GENNOU	0.60	3.66	[.000]
YUUKI	1.15	5.82	[.000]
TAX	0.00	-9.34	[.000]
観察数	830		
対数尤度	-955.063		
シュワルツの B.I.C.	975.228		
マクファーデンの R ²	0.16996		

	女性		
	推計値	t 値	P 値
ASC	-0.16	-0.49	[.625]
MEDAKA	0.01	4.86	[.000]
KONCHU	0.01	3.11	[.002]
GENNOU	0.86	3.24	[.001]
YUUKI	1.33	4.15	[.000]
TAX	0.00	-6.95	[.000]
観察数	375		
対数尤度	-416.565		
シュワルツの B.I.C.	434.346		
マクファーデンの R ²	0.1987		

注) p-value<0.05

表 5 条件つきロジットモデルの推定結果（地域別）

	奈良県		
	推計値	t 値	P 値
ASC	-0.19	-0.71	[.477]
MEDAKA	0.02	6.74	[.000]
KONCHU	0.01	3.34	[.001]
GENNOU	0.59	2.87	[.004]
YUUKI	1.14	4.55	[.000]
TAX	0.00	-7.54	[.000]
観察数	515		
対数尤度	-589.97		
シュワルツの B.I.C.	608.703		
マクファーデンの R ²	0.17364		

	大阪府		
	推計値	t 値	P 値
ASC	-0.33	-1.03	[.304]
MEDAKA	0.01	4.42	[.000]
KONCHU	0.01	3.90	[.000]
GENNOU	0.63	2.58	[.010]
YUUKI	1.29	4.42	[.000]
TAX	0.00	-6.18	[.000]
観察数	395		
対数尤度	-443.73		
シュワルツの B.I.C.	461.666		
マクファーデンの R ²	0.18966		

注) p-value<0.05

5. 限界支払意思額の推定結果

各属性の限界支払意思額（MWTP）の推定結果を表 6 に示す。限界支払意思額とは、間接効用関数を直接推計したもので、対象者本人の主観的

表 6 各属性の限界支払意思額（MWTP）の推定結果

	全体	男性	女性	奈良県	大阪府
メダカ（生息数 1 % 上昇）	48	52	41	55	44
水生昆虫（生息数 1 % 上昇）	29	30	26	26	39
減農薬農法（慣行農法を基準）	2,212	2,061	2,479	1,965	3,812
有機農法（慣行農法を基準）	3,905	3,967	3,838	2,287	4,674

な属性に対する価値のことを言う。データは回答者 247 名（有効回答数 242）に対する観測値数 1210 の選択結果データから得た。表 1 から属性の特徴として、男性が 69 % と、女性の 31 % よりも 2 倍以上の回収率であり、回答者の過半数が男性であった。また、奈良県出身者が 43 %、大阪府出身者が 34 % と、この 2 府県からのデータが多い結果となった。職業については学生が 83 % を占め、年齢は 20 歳代の回答者が 86 % を占めた。7 % の 60 歳代は、里山学連続講座の出席者を反映している。各属性のうちでも、滋賀県や和歌山県、年齢や職業などはデータ数が少ないため、条件つきロジットモデルの推定において統計学的に有意な結果（係数の P 値が 0.05 以下）が得られなかった。

5-1-1. 全データによる結果

水田におけるメダカの生息が 1 % 増加する度に 48 円支払意思額が増加し、水生昆虫では 29 円支払意思額が増加することが分かった。メダカに対する支払意思額は水生昆虫にくらべて 19 円高かった。また、慣行農法にくらべて減農薬農法では 2,212 円支払意思額が高く、有機農法では 3,905 円支払意思額が高かった。有機農法に対する支払意思額は減農薬農法にくらべて 1,693 円高いことが明らかとなった。

以上の結果から、生物多様性が高い（メダカ 100 %、水生昆虫 100 % 生息）水田への WTP をシミュレーションした（表 7）。減農薬農法の場合、1 人当たり年間 9,932 円、有機農法の場合

11,625 円の経済的価値へと換算することができ、慣行農法でも 7,720 円の経済的価値が生じた。

5-1-2. サブサンプル別の結果

回答者の性別毎に限界支払意思額を推定し比較した。（データは回答者男性 164 名、女性 75 名に対して選択実験を求め、観測値数男性 830、女性 375 の選択結果データから得た）男性 52 円、女性 41 円と、男性の方が女性よりメダカは 11 円高い結果となった。一方、水生昆虫は、男性 30 円、女性 26 円と 4 円の差が存在することが明らかとなった。また、男性はメダカ 52 円、水生昆虫 30 円と水生昆虫よりメダカの経済的価値が、22 円高く、女性はメダカ 41 円、水生昆虫 26 円とメダカのほうが水生昆虫より 15 円高かった。農法の減農薬農法に焦点をあてると、男性は 2,061 円、女性は 2,479 円と、男性よりも女性の方が 418 円高い経済的価値を示した。

次に、地域別（奈良県、大阪府）にわけて推定結果を比較した。（データは奈良県出身者 104 名、大阪府出身者 81 名に対して選択実験を求め、観測値数奈良県出身者から 515、大阪府出身者から 395 の選択結果データから得た）メダカの生息密度が 1 % 増加することに対する支払意思額は、大阪府出身の回答者 44 円に対し、奈良県出身の回答者 55 円と、奈良県出身の回答者のほうが 11 円高かったことに対し、水生昆虫の生息密度が 1 % 増加することに対する支払意思額は、奈良県出身者 26 円、大阪府出身者 39 円であり、大阪府出身者のほうが、13 円高いことが分かった。

減農薬農法に対する支払意思額を地域別に見ると、大阪府出身者は 3,812 円、奈良県出身者は 1,965 円と、1,847 円の差が生じており、有機農法では大阪府出身者 4,674 円、奈良県出身者 2,287 円と、2,387 円の差があることが分かった。

表 7 生物多様性が高い水田の支払意思額（WTP）

メダカ、水生昆虫が多種多様に生息している場合			
メダカ（生息状況 100 %）	100	100	100
水生昆虫（生息状況 100 %）	100	100	100
慣行農法	1	0	0
減農薬農法	0	1	0
有機農法	0	0	1
WTP（円 / 年）	7,720	9,932	11,625

6. 結論と今後の課題

限界支払意思額の全サンプルの算出結果から、水田生物の生息密度1%に対する限界支払意思額ではメダカと水生昆虫の間に19円の差が生じ、多くの回答者にとって、水田に生息する生物として水生昆虫よりもメダカを重視していることが明らかとなった。この要因としてメダカは里山のシンボルフィッシュであり、認知度が高いことが挙げられた⁽⁵⁾。

以上の推定結果は、いずれも統計的に有意な水準で得られたため、回答者が単に米生産の手段としてだけでなく、生物多様性保全の場や環境保全の手段として水田を重要視していることが統計学的観点から明らかとなった。

メダカ100%、水生昆虫100%生息の場合の水田の経済的価値をシミュレーションした結果、減農薬農法では9,932円、有機農法では11,625円と非常に高い経済的価値が示された。これは、2000年度より実施されている中山間地域等直接支払制度の事業予算額年間1世帯当たり1,448円⁽⁶⁾と比較すると、水田の経済的価値は非常に高い水準にあることが判明した。また、先行研究から得られた水田の多面的機能全般に対する評価額は4,441円/世帯・年であり⁽⁷⁾、対象とした農学部生の水田に対する意識の高さが伺える結果になった。

性別のサブサンプルを用いた推定結果からは、メダカ、水生昆虫において、男性の方が女性よりも高く評価していることが明らかとなった。水田に対する意識を問う設問結果から、幼少期に男性は女性より10%程度の方が水生生物の飼育経験や、水田での生物採集経験があったことが判明しており、こうした経験から、男性は女性よりも生物に関心があり、水生生物に対して高い限界支払意思額を示す結果につながったと考えられた。一方、農法では、減農薬農法において、女性の方が男性よりも高い経済的価値を示した。先述の、女性はあまり生物を身近に捉えないという背景が原因の1つだと考えられた。家庭において食に携わる機会が多い女性にとって食糧の生産性の方が生物多様性の問題よりも優先順位が高いことが明らかとなった。それに対し、男性は有機農法に女性よりも高い経済的価値を提示した。上記でも示した通り男性は女性よりも生物に対する関心が強いこ

とが確かめられており、農法に対しても生物に対して影響が少ない有機農法が減農薬農法よりも重要であると考えていることが分かった。つまり、男性の方が近年の生物多様性問題に関心が強く、現状にいくらかの不安を感じており、対して女性は現状にそれほど不安を感じておらず、楽観的な姿勢であることが明らかとなった。そのため、本研究の目的である生物多様性の重要性を広めていくには、女性を中心に啓発ならびに屋外での環境教育を充実させていくことが目標となるだろう。

地域別において、大阪府民は奈良県民よりも減農薬農法、有機農法のそれぞれの経済的価値が高かった。また、総農家数では奈良県のほうが大阪府よりも多く、大阪府と比較して農業県であることが言える⁽⁷⁾。このことから、奈良県在住の人は、農法の生産性問題など生産者側の背景が大阪府在住の人より大きく反映したと考えられ、奈良県出身者は生産性の優れる慣行農法の経済的価値が大きいと示唆された。反対に、大阪府出身の人は消費者の観点から、生産性よりも作物の品質を重視したことが考えられた。以上の結果から、より自然豊かな環境に居住する人が、かならずしも農法と生物を関連づけて考えていないことが示唆され、水田環境に依存していない生活を送っている人の方が水田の経済的価値を高く評価していることが明らかとなった。

本研究の課題として、水生昆虫よりもメダカを重視する理由等については、より詳細な分析が求められ、より具体的な設問が必要であることが挙げられた。しかし、メダカや水生昆虫の重要性が価値として算出され、生息密度が1%上がる毎に居住地による評価額の差についても、検討が必要であり、今回の場合大阪と奈良の2県を挙げたが、奈良県自体も農業県（生産者の立場に近い県）よりは消費県であることが考えられ、グループ間の違いの有意性、違いを説明する変数を検証することが必要であることが分かった。本調査では、近畿大学農学部内のみでアンケートを実施したため、回答者の出身地域や年齢等の属性に偏りが生じた。今後の調査では、平等なサンプル数の追加および全国にまで調査範囲を広げることが必要である。また、メダカと水生昆虫のみでなく、アユモドキやカワバタモロコなどの希少種をはじめ、アメリカザリガニやスクミリンゴガイなどの外来種、ギンヤンマやマルタニシなどの普通種など多

くの生物に着目することが望まれる。

計協会，東京．Lxxxix+933 pp.

7. 謝辞

本研究を行なうにあたり，アンケート調査の際は，近畿大学農学部環境管理学科環境政策学研究室の池上甲一教授，近畿大学農学部環境管理学科国際開発・環境学研究室の奥村博司准教授にご教示して頂いた。本文の執筆にあたり，近畿大学農学部農業生産科学科農業政策学研究室の宇山 満准教授にご校閲して頂いた。また，アンケート調査票の作成，統計処理は，株式会社アミタ持続可能経済研究所の大石太郎氏，大南洵一氏，高原淳志氏から多くのアドバイスを頂き，近畿大学農学部藤原理路氏をはじめ水圏生態学研究室の学生の方々には貴重なコメントを頂いた。ここに，深く感謝の意を表する。

8. 参考文献

- 1) 梶谷 齊・坂本 登 (1997) 三重県下の水田がもつ環境保全機能の経済的評価。三重県農業技術センター研究報告，25，pp. 67-77
- 2) 阿部雅明 (2006) 環境の経済的評価 CVM による風力発電施設評価を研究事例として。新潟産業大学経済学部紀要，33，pp. 39-55
- 3) 合崎英男・守山 弘 (2003) 生態系調和型生産調整としての野鳥観察田の環境便益—農村計画における選択型コンジョイント分析の利用(2)一。農工研技報，201，pp. 13-22
- 4) 大南 洵一・大石 太郎・有路 昌彦・高原 淳志ほか (2009) 選択型コンジョイント分析による保存料に関するリスクコミュニケーション手法の検討。日本リスク研究学会 第 22 回年次大会講演論文集，Vol. 22 Nov. 28-29.
- 5) 内山 りゅう (2005) メダカ。pp. 82-85. 田んぼの生き物図鑑。山と溪谷社，東京。
- 6) 藤本 高志 (2002) 中山間地域等直接支払い制度を問う—水田畦畔・法面景観の経済評価—。大阪経大論集，Vol. 53, No. 2, pp. 45-57
- 7) 農業工学研究所 (2004) 農業・農村の有する多面的機能の解明・評価—研究の成果と今後の展開—。農業・食品産業技術総合研究機構，茨城。19 pp.
- 8) 総務省統計局 (2006) 日本統計年鑑。日本統