

PESによる生態系保全の可能性 — 芦生研究林の価値と持続的な管理制度 —

四藏茂雄¹

要旨:京大研究林・芦生の森の生態系保全に資するため、PES 理念に基づく管理制度を考察した。仮想評価法(CVM)を用いて支払意思額(WTP)を計測し、芦生の森の環境価値を推計した。また、保全活動へのボランティアとして参加する労働意思(WTW)を調べた。その結果、WTP(中央値)は 780 円/人、その価値は 780 万円/年であることを明らかにした。また、自然に対して関心を持たせるような機会が、生態系保全には重要であることを示唆した。持続的に生態系を保全するためには、受益に応じた負担金制度が有効であることを指摘した。

キーワード：芦生の森、CVM、WTP、WTW、PES

1. はじめに

生態系の消失・劣化が止まらない。いかにして生態系を保全するか。この問題は、今日、世界が直面する最も深刻な問題の一つである。我が国はこの問題に対し、基本計画となる「生物多様性保全国戦略 2012-2020」を定め、これに基づいた施策を進めている。この計画では、「生物多様性を社会に浸透させること」を基本戦略の筆頭においている^{補注 1)}。これは、生態系の過剰な利用が多様性を棄損しているとの認識に立ち、生態系が持つ価値を広く国民が共有すると共に、その価値を経済システムに内部化(主流化)することによって、多様性を保全しようと意図している。この施策の根底にあるのが、いわゆる“生態系サービスへの支払い (PES; Payments for Environmental Services)” という考え方である。

この政策を推進すべく、これまで生態系の価値を明らかにする作業(可視化)が精力的に進められてきた。富士山や屋久島といった我が国第1級の環境資産だけでなく、里山や森林等の多様な生態系が評価されてきている¹⁾⁻³⁾。また、価値評価を基にした主流化の制度(負担金制度等)も具体的に実施されつつある。

本研究では、京都大学芦生研究林、通称、“芦生の森”を事例に、PES 理念に基づいた保全の可能性を考える。芦生の森は、京都府の中央東部、一級河川である由良川の源流域に広がる森である。芦生の森には、貴重な動植物種が織りなす豊かで原生的な生態系が残されているが⁴⁾、近年、それを脅かす深刻な問題も生じている。管理者である京都大学は、様々な調査、研究、生態系回復事業等を行ってきておりが、多様性の保全・回復は容易ではないとみられる⁵⁾。本研究は、芦生の森の持続的な保全には、受益者負担金制度が有効であるとの考えに立ち、前段階としてその生態系の価値を明らかにしようとするものである。芦生の森は、関西の大都市圏から日帰りが可能な立地であり、ガイド付きの商業ツアーや

も行われているが⁶⁾、今のところ受益者負担金といったものは導入されていない^{補注 2)}。

本研究では、以下に芦生の森が抱える問題を概観すると共に、足尾の森の価値を明らかにする。また、得られた知見を元に、保全政策について考察する。

2. 芦生の森の問題と対策

芦生の森は、「植物を学ぶ者は、一度は京大の芦生演習林を見るべし」と称えられた程の貴重な生態系が残る森であるが⁷⁾、この生態系を脅かす深刻な問題が顕在化している。大きくは以下の 2 点である^{補注 3)}。

- (1) シカの増加に伴う多様性の劣化^{8,9)}
- (2) 人のオーバーユースによる植生の劣化¹⁰⁾

多種多様な植物種が維持されている芦生の森も、2000 年頃から急増したニホンジカにより森林下層植生が広範囲に、かつ劇的に衰退・消失し、上層木に対する樹皮剥ぎや土の掘り起こしにまで至る深刻な状況になっている。京大は、この対策として防鹿柵の設置や捕獲による頭数コントロール等を実施している。以上の対策は、かなりの効果があると報告されている¹¹⁾。

オーバーユースは、その名のとおり環境容量を超える者が入山・利用することによって当該環境に生じる様々な弊害である。入山者は、昭和 60 年代までは年間 2,000 人程度で推移していたが、徐々に増加し平成に入ると 5,000 人を超え、平成 9 年には 15,000 人を超える状況になった。この人数は京大に利用届を提出した人数であるが、平成 5 年に行われた調査によると、地蔵峠(滋賀県側の入山口)から入山する者のうち利用申請した者の割合は 20% であったという¹²⁾。したがって、実数は上で述べた人数をはるかに超えているものと思われる。オーバーユースの弊害としては、トイレやゴミの問題、登山道の拡大・踏み固め・雑草の侵入等による生態系の搅乱と、

1 舞鶴工業高等専門学校 建設システム工学科 教授

事故等が指摘されている。

研究林管理者である京大は、地元住民や関係団体と協議・連携してその対策に当たってきた。現在運用されている対策としては、入山規制（入山口、入山エリア等の指定）、コアエリアへの立ち入り制限、宿泊登山の禁止、商業ツアーやの制限等^{補注4)}の規制的措置と、HPによる情報発信、看板設置による注意喚起、公開講座による環境教育の実施等がある。このような対策により、登山者の数は減少し適正化に向かい一つあるようである。しかし、失われつつある多様性の回復には、今後も相当の労力と時間が必要であると言われる。

3. 研究方法

本研究では、芦生の森の環境価値を計測するため、仮想評価法（CVM）を用いる。調査対象者は本校関係者（学生・教職員）とする。学生の場合は4年生（大学1年生に相当）以上とした。調査は個別面接のインタビュー方式とした。質問項目はTable 1に示すとおりである。支払意思額（WTP: Willingness to Pay）については、初めに芦生の森の生態系の豊かさと、シカの食害と入山者のオーバーユースによる劣化を説明し、適正な生態系を維持するためには利用者が利用料金（入山料）を負担することが必要であることを伝え、次いで以下の質問をした。

「芦生の森の環境保全対策として、仮に芦生の森に入山する際にお金を徴収することになったとします。その金額を払っても芦生の森へ入りたいか、そうでないかお答えください。お支払い頂いた金額だけ、あなたが自由に使えるお金が減ることに留意してください。それでは、○○円を支払いますか？」

支払意思額の質問形式は、ダブルバンドの二項選択式とした。モデル式は対数線形形式とし^{補注5)}、最尤法によるパラメータの推定は、エクセルのソルバ機能を利用した。また、年齢や性別、毎月自由に使える所得（こづかい）等の個人属性、“登山/ハイキングに対する興味の有無”や“環境配慮活動の有無”などの背景要因についてもたずねた。支払意思に及ぼすこれらの影響については、支払意思の有無（Yes or Noの二値データ）を被説明変数として、ロジットモデルを使って評価した。さらに、ボランティアとして保全活動に参加する労働意思（WTW: Willingness to Work）とその頻度についても併せて質問した。これも、労働意思があるかないかという二値データに整理し、同様の分析を行った。以上の解析には、統計ソフトSTATAを利用した。

4. 結果

4.1 結果の概要

調査結果の概要をTable 1に示す。得られた総サンプル数は114である。回答者のうち84名（74%）が男性、30名（26%）が女性であった。年齢構成は表の通りであるが、このうち学生は94名、教職員が20名で

あった。自由に使える所得（こづかい）は、66%の回答者が1万円以下、28%が1万円～3万円の範囲にあると答えている。登山やハイキングに興味があると回答した者は69名（61%）、環境に配慮した活動をしている者は47名（41%）、労働意思を示した者は71名（62%）であった。なお、環境に配慮した活動としては、ごみの分別や節電、節水等の回答が多くかった。

Table 1 Summary of response

Attribute	Category	NO.	%
Sex	Male	84	74
	Female	30	26
Age	18 - 20	80	70
	21 - 30	19	17
	31 -	15	13
	-10,000	75	66
Monthly allowance	10,001 - 20,000	18	16
	20,001 - 30,000	14	12
	30,000 - 50,000	3	3
	50,001 -	3	3
Interest in trekking/hiking	Yes	69	61
	No	45	39
Environmental sound activity	Yes	47	41
	No	67	59
WTW as volunteer	Yes	71	62
	No	43	38
Total Number		114	

4.2 入山料の評価

CVMによるWTPの推定結果をTable 2に示す。対数線形形式のパラメータ α 、 β は、1%で有意であった。擬似決定係数R2は、推定式の精度を表している。通常、これが0.2～0.4程度あれば当てはまりは良いと判断されるが¹³⁾、今回はR2 = 0.084と、精度はそれほど良くなかった。Fig. 1は、推定式と観測値をプロットしたものである。提示額が100円ならびに2,000円の観測値と推定式のかい離が大きくなっている。これが精度に影響したものと考えられる。

支払意思額（WTP）の中央値は780円、平均値は1,255円であった。1年間に芦生の森に入る登山

Table 2 Parameters estimated and WTP

	Coef.	p
α	-10.999	0.000
β	1.652	0.000
Log likelihood		-144.693
Pseudo R2		0.084
WTP (Average)		1,255
WTP (Median)		780

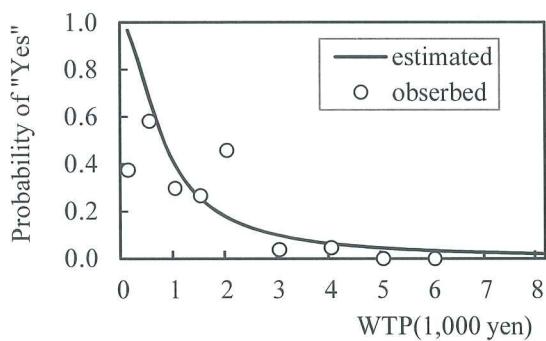


Fig. 1 Estimated logistic curve on WTP

者の概数を10,000人と仮定し¹⁴⁾、得られたWTP(中央値)にこれを乗ずると、780万円/年となる。

4.3 影響要因の評価

Table 3にWTPに対する結果をまとめた。各変数の意味は、以下のとおりである。

ln_value : 対数提示額

sex : 性別

age : 年齢

budget : 所得

hiking : 登山/ハイキングに対する興味の有無

env : 環境配慮活動の有無

const : 定数項

擬似決定係数R2は^{補注6)}、(1)全ての変数を用いた場合、(2)有意な変数のみを用いた場合、いずれにおいても高くなかった。ただし、有意な変数のみの場合の適合度^{補注7)}は72.8%と、それほど悪くなかった。各変数を見ると、性別と年齢、環境配慮活動の有無は、有意な変数ではないことがわかる。所得は一般に支払意思を高めるが、係数の符号はこれと整合的でなく、また有意でもなかった。有意な変数は、対数提示額と登山/ハイキングに対する興味、ならびに定数項であった。係数の符号より、登山/ハイキングに対する興味があることは、支払意思を高めると解釈できる。

Table 4にWTWに対する結果をまとめた。全ての変数を用いた場合のR2は、やはり高くなかった。有意な変数のみの場合の適合度は71.1%であった。性別と定数項は有意ではなかった。年齢と所得は多重共線性が疑われた。有意な変数は、年齢もしくは所得、と登山/ハイキングに対する興味であった。年齢(所得)は労働意思を低下させること、登山/ハイキングに対する興味は高めることがわかる。登山/ハイキングに対する興味が、WTPやWTWに有意に影響するという結果は、自然に対して関心を持たせるような機会(自然体験や環境学習など)が、生態系保全には重要であることを示唆している。

5. 考察

Table 3 Factors affecting to WTP, (1) all

	Coef.	p
ln_value	-0.8740	0.000
sex	0.2153	0.547
age	0.0174	0.254
budget	-0.0017	0.783
hiking	0.4709	0.161
env	0.1591	0.637
const	4.4349	0.001
Pseudo R2		0.087

(2) significant

	Coef.	p
ln_value	-0.8287	0.000
hiking	0.5742	0.073
const	4.6663	0.001
Pseudo R2		0.079
Correctly classified		72.8%

Table 4 Factors affecting to WTW, (1) all

	Coef.	p
sex	0.4968	0.142
age	0.0027	0.866
budget	-0.0236	0.024
hiking	1.5607	0.000
env	-0.0435	0.897
const	-0.4284	0.372
Pseudo R2		0.138

(2) significant

	Coef.	p
budget	-0.0244	0.006
(age)	-0.0161	0.043
hiking	1.5672	0.000
Pseudo R2		-
Correctly classified		71.1%

生態系が何らかの価値を持つものとすると、受益者はそれに応じたコストを負担しなければならない。これが可視化と主流化、そしてPESの基本理念である。本研究では、この制度の前段として芦生の森を対象に、その価値の計測を試みた。芦生の森との関わりがほとんどない者を対象に調査したが、少なくない被験者が支払意思を示した。一人当たりのWTP(中央値)は、780円/人であった。吉村らは2003年に登山口で調査を行い、WTPを415円/人と報告している¹⁰⁾。富士山や屋久島の事例とは比べべくもないが、合計された金額は、京大芦生研究林の年間運営費が4~5千万円、芦生の森の保全に対して寄付された額が620万余円(H29年度末、240口)¹⁵⁾であることを考えると、それほど小さい訳でもない。京大

は寄付金以外にも、クラウドファンディングの導入も表明しているが、これらの制度は運営財務の改善には寄与しても、基本的に資源の過剰利用（オーバーユース）対策にはなり得ない。受益者負担金制度は、持続的な制度であり、設定金額の多寡により利用者の数をコントロールできる制度であるということを強調しておきたい^{補注8)}。

ところで、芦生の森は京大が99年の地上権契約を得て利用管理している借地である。この契約の期限は2020年で切れるという。契約が切れた後の管理体制がどうなるのかは、今のところ不明であるが^{補注9)}、契約の区切りは管理制度を見直す機会でもある。京大はこれを好機ととらえ、負担金制度の導入も検討すべきである。

6. おわりに

本研究では、仮想評価法を用いて芦生の森の保全に対するWTPを計測し、芦生の森の環境価値を推定した。また、自然に対して関心を持たせるような機会が、生態系保全には重要であることを示唆した。さらに、今後の保全政策について考察し、受益者負担金制度も検討すべきであることを指摘した。

森林の持つ価値は生態系の価値だけでなく、災害防止、水源涵養、大気浄化、温暖化防止等多くの価値がある。本研究で得られた知見は、森林が持つ多様な価値の一断面に過ぎない。芦生の森の保全に当たっては、森林がもたらす直接的商品的価値だけでなく、様々な間接価値をも共有した議論が必要となる。

謝辞：この研究に関するアンケート調査は、舞鶴高専専攻科の2年次に開講されている「地球環境政策学」の平成30年度受講生である学生によって行われました。また、アンケートには、多数の学生と教職員の皆様に協力していただきました。厚く御礼申上げます。

補注：

- 1) 生物多様性保全国家戦略2012-2020では、4つの危機と5つの課題、そして5つの基本戦略を定めている。基本戦略の一つである「生物多様性を社会に浸透させる」では、生物多様性の広報・教育・普及啓発の充実、経済的な評価による可視化を謳っている。
- 2) ただし、ツアーレスの一部には、保全のための協力金が含まれている。
- 3) なお、ナラ枯れによる被害も甚大であったというが、現在は終息している^{16), 17)}。
- 4) 最源流域へのアクセスが容易であることから、以前は滋賀県側の地蔵峠や三国峠から入山する者が多かったが、これが禁止された。また、旅行代理店等が企画営業する団体利用は、京大と協定を結んでいる4団体にのみ許可されている。さらに、この4団体が主催するツアーレス以外の方法では、コアエリア（上谷、枕谷）への立ち入りが認められなくなった。
- 5) モデル式は次式の通り。

$$f(\ln_value) = 1 / (1 + \exp(-z))$$

$$z = \alpha + \beta \cdot \ln_value$$

ここに、 \ln_value ：対数提示額、 α 、 β ：パラメータ

- 6) 擬似決定係数R2は、次式で表される。

$$R^2 = 1 - \frac{L(\theta)}{L(0)}$$

ここに

$$L(\theta) : \text{最大対数尤度},$$

$$L(0) : \text{パラメータ } \beta=0 \text{とした時の対数尤度},$$

- 7) 推定モデルによって正しく判別された割合を表す。
- 8) 負担金制度にはデメリットもある。例えば、制度導入時の抵抗、料金徴収のコスト、公平性の確保等。現在、協定団体が主催するツアーレスの参加者は、ツアーレスの一部として京大に協力金を支払っているが、一般登山者はこの限りではない。
- 9) 京大が再契約できないということになれば、これまで運用されてきたルールや協定は見直されることになる。斯かる事態となれば、なし崩し的にオーバーユースが進行する事態も懸念される。ただし、生態系保存に十分な公益があると認めて、府あるいは国が買い上げて、京大に管理を一任するということもあり得る。

参考文献：

- 1) 栗山浩一、庄子康：協力金が訪問行動に及ぼす影響の経済分析 屋久島におけるCVMによる実証研究、環境科学会誌、21巻、4号、p. 307-316、2008.
- 2) 吉田謙太郎：日本の世界自然遺産及び富士山への入域料に関する支払意志額と規定要因、第29回環境情報科学学術研究論文発表会、p. 201-206、2015.
- 3) 環境省生物多様性施策推進室：経済的価値の評価事例、<http://www.biodic.go.jp/biodiversity/activity/-valuation/jirei.html>（2018.10.10アクセス）。
- 4) 京都大学フィールド科学教育研究センター芦生研究林：<http://www.ashiu.kais.kyoto-u.ac.jp/cms/wp-content/uploads/2018/05/gaiyou2015.pdf>、（2018.10.10アクセス）。
- 5) 京都大学フィールド科学教育研究センター芦生研究林：芦生研究林基金、<https://fserc.kyoto-u.ac.jp/wp/asiufund/>（2018.10.10アクセス）。
- 6) 美山町自然文化村河鹿荘：ネイチャーガイドトレッキングツアーレス2018、<http://miyama-kajika.com/tours/ashiu/>（2018.10.10アクセス）。
- 7) 伊勢武史、前田雅彦：野外研究サイトから（36）京都大学フィールド科学教育研究センター芦生研究林、日本生態学会誌68：75-80、2018.
- 8) 藤木大介、酒田真澄美、芝原敦：関西4府県を対象としたニホンジカの影響による落葉広葉樹林の衰退状況の推定、日緑工誌、39(3)、374-380、2014.
- 9) 阪口翔太、藤木大介、他：ニホンジカが多雪地域の樹木個体群の更新過程・種多様性に及ぼす影響、森林研究、78：57-69、2012.
- 10) 吉村哲彦、長谷川直人、中島皇：芦生研究林におけるオーバーユースの傾向と対策、第115回日本林学会大会発表データベース、E08-E08、2004.
- 11) 京都大学フィールド科学教育研究センター芦生研究林：芦生生物保全プロジェクト、<http://www.forestbiology.kais.kyoto-u.ac.jp/abc/>（2018.10.10アクセス）。

- 12) 錦見裕次郎, 他: 芦生演習林の新しいレクリエーション利用形態についての研究, 京大演習林報告, 67: 79-91, 1995.
- 13) 土木学会土木計画学研究委員会: 非集計行動モデルの理論と実際, 社団法人土木学会, p51, 丸善, 1995.
- 14) 坂野上なお: 大学の森で行われる商業活動としてのガイドツアーを考える-京都大学芦生研究林の事例-, 第127回日本森林学会大会セッションID: S2-6, 日本森林学会大会発表データベース, 674-674, 2016.
- 15) 京都大学フィールド科学教育研究センター: 芦生研究林基金,
- https://fserc.kyoto.ac.jp/wp/asiufund/?_ga=2.223701151.526224580.1536904915-1697039803.1499910582
(2018.10.10アクセス).
- 16) 山崎理正: 芦生研究林における“ナラ枯れ”防除の取り組み、「芦生の森と‘ナラ枯れ’報告書」, pp.41-46, 京都大学フィールド科学教育研究センター, 2004.
- 17) 小出和彰, 他: 芦生幽仙谷集水域天然林の動態(III), 第123回日本森林学会大会, Pa196, 2011.

(2018.12.7受付)

CHALLENGE OF ECOSYSTEM CONSERVATION BASED ON PES IDEA - Environmental Value of ASHIU Forest and Sustainable Management -

Shigeo SHIKURA

ABSTRACT: Suitable management system is considered based on PES idea in order to contribute to mitigation of ecosystem loss of ASHIU Forest in Kyoto prefecture. Its environmental value is evaluated by estimating willingness to pay (WTP) by contingent value method (CVM). In addition, willingness to work for conservation activity is investigated. As a result, it shows that estimated WTP(median) is 780 yen/person and value of ASHIU Forest is 7.8 million yen a year. It is pointed that people's interest to environment/nature and people's monetary contribution according to beneficiary-pays principle are important for conservation and for sustainable management.

Key Words: ASHIU Forest, CVM, WTP, WTW, PES

