

利他的効用理論による環境質の遺産価値 —遺産価値の分離可能性と数値実験—

林山 泰久¹・奥山 忠裕²

¹ 正会員 博(工学) 東北大学助教授 大学院経済学研究科 (〒980-8576 仙台市青葉区川内)
Visiting Scholar, Haas School of Business, University of California, Berkeley

² 修(経済学) 東北大学博士後期課程 大学院経済学研究科 (〒980-8576 仙台市青葉区川内)

環境質の経済学的価値が利用価値と非利用価値に大別されることはよく知られていることである。本研究は、特に、環境質の非利用価値のなかで遺産価値に着目し、遺産価値の発生する要因を理論的に定式化することにより、発生要因が非利用価値に与える影響および遺産価値の定量的計測可能性を検討することを目的とする。

そのため、本研究では利他的動機を市場で観察可能なデータから把握するために環境保全行動を明示的に表現し、利他的効用理論に基づいた消費者行動を定式化することにより、遺産価値を定義した。その結果、利他的効用理論を用いた場合においても環境質の価値は加法分離可能であり、かつ、数値解析を行うことにより、利他的効用水準の変化により遺産価値が上昇した場合には、相対的に環境質の存在価値も上昇することが示された。

Key Words: environmental preservation activities, altruistic motivation, bequest value

1. はじめに

環境質の保全に対する関心が高まるなか、環境質の非利用価値(Non-use Value)の計測に関する多くの研究蓄積が見られる。しかしながら、これら研究の大部分は、環境質の非利用価値、特に存在価値(Existence Value)の計測手法の開発およびその計測精度の向上に主眼が置かれ、「そもそも、何故、非利用価値が発生するのか?」といった非利用価値そのものの動機に対する関心が少ないように思われる。

Tuner(1999)¹⁾によれば、環境質の非利用価値は①同世代もしくは次世代に対する利他的動機(Altruistic Motivation)、②自然環境の保全に対する義務感、から発生すると主張している。同様な議論として、Johansson(1998)²⁾はこの存在動機に着目し、存在価値を考慮する場合には、その発生原因として取り上げられている利他的効用(Altruistic Utility)等にも注目する必要性を説いている。確かに存在価値の発生原因を利他的動機に求めるならば、存在価値を

定式化するために利他的効用等の発生原因を明示的に表現しなければならないであろう。これに対して、Neil(1988)³⁾、Larson(1992)⁴⁾(1993)⁵⁾および林山ほか(1999)⁶⁾(2002)⁷⁾は、環境質の総価値から利用価値を控除した価値として存在価値を定義している。このような考え方は環境質の非利用価値を評価する際の一つの有効な手段であることは否めない。しかし、非利用価値の定義の原点に立ち返れば、まず、そのような価値を見いだす動機そのものを明確にする必要がある。

そこで、本研究は、環境質の非利用価値のなかで特に遺産価値(Bequest Value)に着目し、遺産価値の発生する要因を理論的に定式化することにより、利他的効用水準が環境質の価値に与える影響および遺産価値の定量的計測可能性を検討することを目的とする。そのため、本研究では利他的動機を市場で観察可能な顕示選好(Revealed Preference)データから把握するために環境保全行動を明示的に表現し、利他的効用理論に基づいた消費者行動を定式化したうえで、

遺産価値なる概念を定義する。また、利他的効用を仮定した場合、他者に対する利他的効用水準(本研究では、以下、ウェイト・パラメータと称する)が、以下において定義される環境質の価値にどのような影響を与えるかについて分析する。

本研究では上述した目的のため、まず、2.において環境質の経済学的価値分類に関する整理を行い、本研究の論点を明確にする。次に、3.において利他的効用理論を用いた世帯行動モデルを定式化し、環境質の価値分離を行う。さらに、4.において数値実験を行い、利他的効用水準(ウェイト・パラメータ)と環境質の価値変化について分析する。最後に、5.において本研究の結論と今後の課題をとりまとめる。

2. 既存研究の整理と本研究の考え方

(1) 非利用価値の価値分類と定義

Tuner(1999)¹⁾によれば環境質の非利用価値は主に存在価値、遺産価値および代位価値の3つに分類されるとしており、このTuner(1999)¹⁾の分類に従って、表-1には既存研究における非利用価値の定義を整理したものを示す。

表-1 既存研究における非利用価値の定義

存在価値	Krutilla (1967) ⁸⁾	環境質の存在という情報から発生する価値
	Smith (1990) ⁹⁾	環境質へのアクセスを禁止した場合の価値
遺産価値	Krutilla (1967) ⁸⁾	将来世代に対する機会均等もしくは利用を期待した資源の遺贈
	Tuner <i>et.al.</i> (1994) ¹⁰⁾	潜在的な将来世代の利用および非利用価値
	Tuner (1999) ¹⁾	将来世代の環境質利用に対する価値
代位価値	Tuner (1999) ¹⁾	他者の環境質利用から得られる価値

これを見ると既存研究においては、各価値の定義に若干の差が見られるものの、本研究において定義される遺産価値は、Krutilla(1967)⁸⁾の定義に依拠する

ものとする。Krutilla(1967)⁸⁾によれば、将来への資源の遺贈という意味での遺産価値を定義することとなり、それは本研究において用いる利他的効用の概念が他者の効用に含まれている財の一部にのみ注目するPaternalistic Altruismという概念と理論的に整合的であることに起因している。

(2) 遺産価値に関する既存研究

まず、遺産価値に関する初期の研究として、Randall and Stoll(1983)¹¹⁾による世代間の利他的効用理論(Self Altruism)を用いて考察された研究がある。なお、本研究に用いられるモデルも基本的にはRandall and Stoll(1983)¹¹⁾に準拠している。同様に、初期の研究として表明選好(Stated Preference)データを用いて遺産価値およびオプション価値を評価したBrookshire *et.al.*(1983)¹²⁾およびWalsh *et.al.*(1984)¹³⁾が存在するものの、これらの研究は遺産価値とオプション価値の同義性に関する研究である。近年、Lazo *et.al.*(1997)¹⁴⁾は、Madariaga and McConnell (1987)¹⁵⁾の研究を基に、利他的な現在の環境質利用者と利己的な将来的環境質利用者を仮定し、地下水資源の利用に関する遺産価値を表現することを試みている。その結果、資本市場が完全な場合には、現在の環境質の価値が将来の環境質に対する機会費用に反映してしまうため、遺産価値はゼロになることを指摘した。しかしながらLazo *et.al.*(1997)¹⁴⁾の議論は、個人が環境質の改善行動について慈善的かつ自主的な行動を取ることをない状況を仮定しているため、環境質の自主的な改善行動を考慮した場合の環境質の価値について遺産価値を定義することは可能であると考えられる。

3. 便益定義と経済的価値の分離

(1) 環境質の価値の計測可能性

本節では、Neil(1988)³⁾によって定義された顕示選好データによる環境質の計測手法について解説する。今、消費者は n 次元ベクトルの市場財 $x = (x_1, \dots, x_i, \dots, x_n)$ 、および外生的に与えられた環

境水準 Q_i のもとで、費用最小化行動を行うものとする。市場財価格ベクトルを $p = (p_1, \dots, p_i, \dots, p_n)$ とし、Weak Integrability を仮定することにより、 $n-1$ 個の財の需要システムが推定可能であるとすると、式(1)および式(2)のような最適化問題が定式化される。

$$\text{Min}_x \quad px \quad \text{s.t.} \quad \bar{u} = u(x, Q) \quad (1)$$

$$x_n = y - \sum_{i=1}^{n-1} p_i x_i \quad (2)$$

ここで、 $x_i^m = x_i^m(p, Q, y)$ を第 i 財に対するマーシャルの需要関数 (Marshallian Demand Function)、 $x_i^h = x_i^h(p, Q, u)$ をヒックスの補償需要関数 (Hicksian Demand Function) とする。支出関数 (Expenditure Function) を $e = e(p, Q, y)$ とすると式(3)を得る。

$$x_i^h = x_i^m(p, Q, e(p, Q, y)) \quad (3)$$

さらに、式(3)を環境質について微分することによって、スルツキー方程式 (Slutsky-Hicks Equation) を得る。式(4)の左辺は、環境質の外生的な変化が必要に与える影響を表現した式であり、補償需要は価格の上昇による実質的な所得の減少を補い、効用水準を維持するために所得が与えられたときの需要を意味しているため、右辺第一項は補償需要に与える代替効果 (Substitution Effect) であり、第二項が所得効果 (Income Effect) である。

$$\frac{\partial x_i^m}{\partial Q} = \frac{\partial x_i^h}{\partial Q} - \frac{\partial x_i^m}{\partial y} \frac{\partial e}{\partial Q} \quad (4)$$

また、代替効果の総和がゼロであるというスルツキー方程式の命題に注意すると、環境質が一単位変化した場合の代替効果は、式(4)および式(5)で表現することができる。

$$\frac{\partial x_i^h}{\partial Q} = - \sum_{i=1}^{n-1} p_i \frac{\partial x_i^m}{\partial Q} - \left(1 - \sum_{i=1}^{n-1} p_i \frac{\partial x_i^m}{\partial y} \right) \frac{\partial e}{\partial Q} \quad (5)$$

Neil(1988)³⁾では、 $-\partial e / \partial Q$ を環境が質的・量的に変化した場合の Agent's Marginal Willingness to Pay (以下、AMWTP と略す) と定義している。

$$\begin{aligned} -\partial e / \partial Q &= \left(\frac{\partial x_i^m}{\partial Q} - \frac{\partial x_i^h}{\partial Q} \right) / \frac{\partial x_i^m}{\partial y} \\ &= \left(- \sum_{i=1}^{n-1} p_i \frac{\partial x_i^m}{\partial Q} - \frac{\partial x_n^m}{\partial Q} \right) / \left(1 - \sum_{i=1}^{n-1} p_i \frac{\partial x_i^m}{\partial y} \right) \end{aligned} \quad (6)$$

式(6)において、 $\partial x_i^m / \partial Q$ および $\partial x_i^m / \partial y$ は市場から観察可能であるものの、 $\partial x_i^h / \partial Q$ は市場では観察されないことに注意されたい。ここで、第 i 財はヒックス的に中立である、すなわち、 $\partial x_i^h / \partial Q = 0$ であると仮定すると、式(6)によって表現される AMWTP のすべての変数は、市場で観察可能であることに注意されたい。

(2) モデル

いま、現世代の利他的個人が、将来世代の環境質に対する効用水準にのみ利他的効用を保有している状況を考える。さらに、現世代の利他的個人は将来世代の環境水準に対し、利他的効用を保有しているため、現在の環境水準が何らかの外的要因（大気汚染、工場からの排水等）から受けた損害を回復するという保全行動を自主的に行うものと仮定する。

以上の仮定から、現世代の個人の総効用関数 U は合成財 x_c 、環境質利用量 x_z 、現在の環境水準 Q_t および将来世代に対する利他的効用 u_{t+1} により構成されるものとする、現世代の個人の効用関数は式(7)のように表現することができる。なお、 u_{t+1} は次世代の他者の効用を意味していることから、記号法に注意されたい。

$$U \equiv U(x_c, x_z, Q_t, \theta u_{t+1}) \quad (7)$$

ここで、 θ は将来世代の他者の効用水準に対するウェイト・パラメータであり、 u_{t+1} は将来世代の効用水準を意味する。さらに、式(7)に示した効用関数は以下の条件を満たすものとする。

$$\begin{aligned}\frac{\partial U}{\partial x_i} &> 0, \frac{\partial^2 U}{\partial x_i^2} < 0, \frac{\partial^2 U}{\partial x_i \partial x_j} \geq 0 \\ \frac{\partial U}{\partial Q_t} &> 0, \frac{\partial^2 U}{\partial Q_t^2} \leq 0, \frac{\partial U}{\partial Q_t \partial x_i} \geq 0 \\ \frac{\partial U}{\partial u_{t+1}} &> 0, \frac{\partial^2 U}{\partial u_{t+1}^2} \leq 0, \frac{\partial U}{\partial u_{t+1} \partial x_i} \geq 0, \frac{\partial U}{\partial u_{t+1} \partial Q_t} \geq 0\end{aligned}$$

ここで、 $i = c, z, i \neq j$ である。次に、将来世代が将来の環境水準 Q_{t+1} から得られる効用を式(8)の様に定義する。

$$\begin{aligned}u_{t+1} &\equiv u_{t+1}(Q_{t+1}) \\ \frac{\partial u_{t+1}}{\partial Q_{t+1}} &> 0, \frac{\partial^2 u_{t+1}}{\partial Q_{t+1}^2} \leq 0\end{aligned}\quad (8)$$

さらに、環境遷移を示す環境水準の方程式を式(9)のように定義する。ここで、 δ は外的要因（大気汚染、工場からの排水等の負の外部性）により環境の浄化能力を超えた損耗率、 x_v は現世代の個人が行う環境保全行動量を意味する。

$$Q_{t+1} = Q_{t+1}(Q_t, x_v, \delta) \quad (9)$$

式(9)は、次世代の環境水準は、現在の環境水準、環境の損耗率および環境保全行動による改善によって決定されることを意味している。ここで、各変数に対する微分条件を以下に示す。

$$\begin{aligned}\frac{\partial Q_{t+1}}{\partial x_v} &> 0, \frac{\partial^2 Q_{t+1}}{\partial x_v^2} \leq 0, \frac{\partial Q_{t+1}}{\partial \delta} < 0, \frac{\partial^2 Q_{t+1}}{\partial \delta^2} \leq 0, \\ \frac{\partial Q_{t+1}}{\partial Q_t} &> 0, \frac{\partial^2 Q_{t+1}}{\partial Q_t^2} \leq 0\end{aligned}$$

ここで、損耗率 δ が1の場合、現在の環境水準 Q_t は、負の外部性を受けず、 $Q_t = Q_{t+1}$ であることを示している。

さらに、式(9)によって定義された環境質の遷移式を式(7)の効用関数に代入することによって、個人の効用関数は式(10)のように表現することができる。

$$\begin{aligned}U &= U(x_c, x_z, Q_t, \theta u_{t+1}(Q_{t+1}(Q_t, x_v, \delta))) \\ &= U(x_c, x_z, x_v, Q_t, \delta, \theta)\end{aligned}\quad (10)$$

さらに、所得 y 、合成財価格 p_c 、環境質の利用価格 p_z 、環境保全行動量の価格を p_v とすると、式(11)のような予算制約条件付き、効用最大化問題として定式化することができる。ここで p_z および p_v は些か奇異に感じられるものの、これは、環境質にアクセスするためのアクセス費用と解釈すれば良く、例えば、自然公園という環境質の利用とそれに対する保全行動に要する一般化費用を意味している。

$$\begin{aligned}\text{Max. } U &(x_c, x_z, x_v, Q_t, \delta, \theta) \\ \text{s.t. } y &= p_c x_c + p_z x_z + p_v x_v\end{aligned}\quad (11)$$

式(11)の最適化問題を解くことにより、各変数に対する需要関数を得ることができる。

$$x_i^m = x_i^m(p_c, p_z, p_v, Q_t, y, \delta, \theta) \quad (12)$$

ここで、 $i = c, z, v$ である。本研究では、将来世代の他者の効用水準に対するウェイト・パラメータ θ の影響に着目していることから、需要関数におけるウェイト・パラメータ θ の微分条件を以下のように仮定する。ウェイト・パラメータ θ の上昇は、将来世代の効用水準に対する重要性を上昇させることから、環境保全行動量を増加させ、相対的に合成財および環境質利用量を減少させるものとする。したがって、需要関数における一階条件は式(13)となる。

$$\partial x_c / \partial \theta \leq 0, \partial x_z / \partial \theta \leq 0, \partial x_v / \partial \theta \geq 0 \quad (13)$$

次に、式(12)の需要関数を効用関数に代入することにより式(14)に示す間接効用関数 $V(\cdot)$ を得ることができる。

$$V = V(p_c, p_z, p_v, Q_t, y, \delta, \theta) \quad (14)$$

また、ロアの恒等式(Roy's Identity)および効用関数の条件から、間接効用関数においてもウェイト・パ

ラメータの上昇は総効用水準を上昇させるものと考えられるため式(15)が成立する。

$$\partial V / \partial \theta \geq 0 \quad (15)$$

間接効用関数を所得について解くことによって、支出関数である $e(\cdot)$ が式(16)として得られる。

$$y = e(p_x, p_z, p_v, Q_t, V, \delta, \theta) \quad (16)$$

ここで、林山ほか(2002)⁷⁾における、環境質 Q_t に関する支出関数の微分条件は $\partial e / \partial Q_t \leq 0$ であり、また、ウェイト・パラメータに対する間接効用関数の条件から、支出関数においてウェイト・パラメータの上昇は必要最小所得を減少させるものと考えられるため、式(17)が成立する。

$$\partial e / \partial \theta \leq 0 \quad (17)$$

本研究では、次節以降の理論展開を容易にするために式(11)の効用最大化問題に対し、双対性を用いて費用最小化問題として再定式化し、この最適化問題から得ることのできる補償需要関数を式(19)に示す。

$$\begin{aligned} & \text{Min. } p_c x_c + p_z x_z + p_v x_v \\ & \text{s.t. } \bar{U} = U(x_c, x_z, x_v, Q_t, \delta, \theta) \end{aligned} \quad (18)$$

$$x_i^h = x_i^h(p_c, p_z, p_v, Q_t, V, \delta, \theta) \quad (19)$$

また、各補償需要関数と支出関数の間に、シェパードの補題(Shepherd's Lemma)が成立しているものとすると、式(3)より、式(20)が成立する。

$$\begin{aligned} x_i^h = & \\ x_i^h(p_c, p_z, p_v, Q_t, \delta, \theta, e(p_c, p_z, p_v, Q_t, V, \delta, \theta)) \end{aligned} \quad (20)$$

ここで、本研究では林山ほか(2002)⁷⁾による、環境質の各価値が正値を示す条件として、 $\partial x_c^h / \partial Q_t \leq 0$ 、 $\partial x_z^h / \partial Q_t \geq 0$ 、 $\partial x_v^h / \partial Q_t \geq 0$ を仮定する。また、補償需要関数が需要関数および支出関数の合成関数

として表現されること、さらに、需要関数の微分条件を考慮すると、補償需要関数におけるウェイト・パラメータの微分条件が式(21)として与えられる。

$$\partial x_c^h / \partial \theta = \partial x_c^m / \partial \theta + (\partial x_c^m / \partial e)(\partial e / \partial \theta) \leq 0$$

$$\partial x_z^h / \partial \theta = \partial x_z^m / \partial \theta + (\partial x_z^m / \partial e)(\partial e / \partial \theta) \leq 0 \quad (21)$$

$$\partial x_v^h / \partial \theta = \partial x_v^m / \partial \theta + (\partial x_v^m / \partial e)(\partial e / \partial \theta) \geq 0$$

支出関数が所得制約および補償需要関数から得られることを考慮すると、ウェイト・パラメータの支出関数における微分条件が式(22)として与えられる。

$$\partial e / \partial \theta = p_i \sum_i \partial x_i^h / \partial \theta \leq 0 \quad (22)$$

(3) 便益定義と環境質の価値分離

本節では、Flores (2002)¹⁶⁾、林山ほか(2002)⁷⁾に従い環境質の経済的価値の分離を行う。いま、ある環境プロジェクトが行われた場合、プロジェクト無しの状態を w_0 、プロジェクト有りの状態を w というスーパースクリプトを用いて表現すると、プロジェクト有無の効用水準は、各々、式(23)および式(24)となる。

$$U^{w_0} = U(x_c^{w_0}, x_z^{w_0}, Q_t^{w_0}, \delta, \theta u_{t+1}^{w_0}) \quad (23)$$

$$U^w = U(x_c^w, x_z^w, Q_t^w, \delta, \theta u_{t+1}^w) \quad (24)$$

なお、パラメータ δ, θ はプロジェクトの有無によって変化しないものとする。

本研究では、厚生経済学における便益の定義である補償的変分(Compensating Variation: 以下、CV と略す)および等価的変分(Equivalent Variation: 以下、EV と略す)を用いて、環境プロジェクト便益を定義する。

a) 補償的変分による表現

まず、以下では、CV を定義する。間接効用関数を用いて CV を定義すると、CV は式(25)として表現される。

$$V^{w_0} = V(p_c^w, p_z^w, p_v^w, Q_t^w, y^w - CV, \delta, \theta) \quad (25)$$

ここで、式(25)はプロジェクト有りの効用水準が

ら、CV に相当する分の所得を控除することによって、プロジェクト無しの効用水準を達成することが可能な所得の変分である。さらに、支出関数を用いることによって、CV は式(26)として表現することができる。

$$CV = \begin{bmatrix} e(p_c^w, p_z^w, p_v^w, Q_t^w, V^w, \delta, \theta) \\ -e(p_c^w, p_z^w, p_v^w, Q_t^w, V^{wo}, \delta, \theta) \end{bmatrix} \quad (26)$$

さらに、Flores (2002)¹⁶⁾および林山ほか(2002)⁷⁾において紹介されている「加法するとゼロになる“Zero Term Expenditure”」の概念¹⁷⁾を用いることによって、式(26)は、環境水準の変化に対する便益を表す式(27)、価格変化に対する便益を表す式(28)および所得変化に対する便益を表す式(29)に加法分離することができる。

$$CV = \begin{bmatrix} e(p_c^{wo}, p_z^{wo}, p_v^{wo}, Q_t^{wo}, V^{wo}, \delta, \theta) \\ -e(p_c^{wo}, p_z^{wo}, p_v^{wo}, Q_t^{wo}, V^{wo}, \delta, \theta) \end{bmatrix} \quad (27)$$

$$+ \begin{bmatrix} e(p_c^w, p_z^w, p_v^w, Q_t^w, V^{wo}, \delta, \theta) \\ -e(p_c^w, p_z^w, p_v^w, Q_t^w, V^{wo}, \delta, \theta) \end{bmatrix} \quad (28)$$

$$+ \begin{bmatrix} e(p_c^w, p_z^w, p_v^w, Q_t^w, V^w, \delta, \theta) \\ -e(p_c^w, p_z^w, p_v^w, Q_t^w, V^{wo}, \delta, \theta) \end{bmatrix} \quad (29)$$

なお、式(27)の第一項と式(29)の第二項、式(27)の第二項と式(28)の第一項は、加法するとゼロになる追加的支出量である。

本研究では、環境質の変化に対する便益のみに注目しているため、環境質の総価値は式(27)によって表現されていることになる。したがって、あるプロジェクトが環境水準の悪化をもたらす場合には、式(27)によって表現された便益は、個人が環境水準の悪化を容認するための最小補償額(Willingness to Accept)であり、環境水準の向上に対しては環境水準の向上のために個人が支払う支払意思額(Willingness to Pay)であると解釈される。

b) 等価的変分による表現

CV 同様、EV についても便益を定義することが可能である。間接効用関数を用いて EV を定義すると、EV は以下のように表現することができる。

$$V^w = V(p_c^{wo}, p_z^{wo}, p_v^{wo}, Q_t^{wo}, y^{wo} + EV, \delta, \theta) \quad (30)$$

式(30)は、EV 分の所得を追加することによってプロジェクト有りの状態の効用水準を達成することが可能な所得の増分である。また、支出関数を用いることによって、EV は以下のように表現される。

$$EV = \begin{bmatrix} e(p_c^{wo}, p_z^{wo}, p_v^{wo}, Q_t^{wo}, V^w, \delta, \theta) \\ -e(p_c^{wo}, p_z^{wo}, p_v^{wo}, Q_t^{wo}, V^{wo}, \delta, \theta) \end{bmatrix} \quad (31)$$

CV 同様、式(31)を環境質の変化に対する便益を表す式(32)、価格変化に対する便益を表す式(33)、所得変化を表す式(34)に分離することができる。

$$EV = \begin{bmatrix} e(p_c^w, p_z^w, p_v^w, Q_t^w, V^w, \delta, \theta) \\ -e(p_c^w, p_z^w, p_v^w, Q_t^w, V^w, \delta, \theta) \end{bmatrix} \quad (32)$$

$$+ \begin{bmatrix} e(p_c^{wo}, p_z^{wo}, p_v^{wo}, Q_t^{wo}, V^w, \delta, \theta) \\ -e(p_c^{wo}, p_z^{wo}, p_v^{wo}, Q_t^{wo}, V^w, \delta, \theta) \end{bmatrix} \quad (33)$$

$$+ \begin{bmatrix} e(p_c^w, p_z^w, p_v^w, Q_t^w, V^w, \delta, \theta) \\ -e(p_c^{wo}, p_z^{wo}, p_v^{wo}, Q_t^{wo}, V^{wo}, \delta, \theta) \end{bmatrix} \quad (34)$$

ここで、環境質の総価値を表す式(32)に注目すると、式(32)は環境水準が悪化するプロジェクトに対して、プロジェクトを中止させるために個人が支払う支払意思額、プロジェクトによる環境水準の改善を個人があきらめるための最小補償額と解釈される。

c) 補償的変分および等価的変分による統一表現

環境質の総価値を表している式(27)および式(32)から、環境質の総価値(Total Value)の統一表現が式(35)として表される。

$$TotalValue = \begin{bmatrix} e(p_c^s, p_z^s, p_v^s, Q_t^{wo}, V^s, \delta, \theta) \\ -e(p_c^s, p_z^s, p_v^s, Q_t^w, V^s, \delta, \theta) \end{bmatrix} \quad (35)$$

ここで、 $s = wo$ の場合が CV による定義であり、 $s = w$ の場合が EV による定義である。

次に、プロジェクト前後の便益を定義するため、Choke Price の概念を導入する。環境質利用量および環境保全行動量はヒックス的中立(Hicksian Neutral)であることを仮定すると、環境質利用量および環境

保全行動量に対する Choke Price は式(36)および式(37)のように定義される。

$$p_z^* = \min. \{ p_z | x_z^h(p_c^s, p_z^s, p_v^s, Q_t^s, V^s, \delta, \theta) = 0 \} \quad (36)$$

$$p_v^* = \min. \{ p_v | x_v^h(p_c^s, p_z^s, p_v^s, Q_t^s, V^s, \delta, \theta) = 0 \} \quad (37)$$

すなわち、Choke Price とは環境質の利用量および環境保全行動量がゼロとなっても一定の効用水準を得ることが可能な価格水準であり、一般的には個人に対して、ある財・サービスの需要を禁止する価格水準であると解釈される。また、補償需要関数の微分条件から、利他的効用水準の上昇は、環境質利用量の補償需要関数を下方シフトさせ、環境保全行動量の補償需要関数を上方シフトさせることから、Choke Price のウェイト・パラメータに対する微分条件が以下のように与えられる。

$$\begin{aligned} \partial p_z^* / \partial \theta &\leq 0 \\ \partial p_v^* / \partial \theta &\geq 0 \end{aligned} \quad (38)$$

さらに、Choke Price の概念を用いることにより、式(35)は式(39)～(41)に示すように、環境質の利用に対する便益、環境保全行動量に対する便益、環境質の存在に対する便益に分離することが可能である。

$$Total Value = \left[\begin{aligned} &e(p_c^s, p_z^*(w), p_v^s, Q_t^w, V^s, \delta, \theta) \\ &- e(p_c^s, p_z^s, p_v^s, Q_t^w, V^s, \delta, \theta) \end{aligned} \right] - \left[\begin{aligned} &e(p_c^s, p_z^*(wo), p_v^s, Q_t^{wo}, V^s, \delta, \theta) \\ &- e(p_c^s, p_z^s, p_v^s, Q_t^{wo}, V^s, \delta, \theta) \end{aligned} \right] \quad (39)$$

$$+ \left[\begin{aligned} &e(p_c^s, p_z^*(w), p_v^*(w), Q_t^w, V^s, \delta, \theta) \\ &- e(p_c^s, p_z^*(w), p_v^s, Q_t^w, V^s, \delta, \theta) \end{aligned} \right] - \left[\begin{aligned} &e(p_c^s, p_z^*(wo), p_v^*(wo), Q_t^{wo}, V^s, \delta, \theta) \\ &- e(p_c^s, p_z^*(wo), p_v^s, Q_t^{wo}, V^s, \delta, \theta) \end{aligned} \right] \quad (40)$$

$$+ \left[\begin{aligned} &e(p_c^s, p_z^*(wo), p_v^*(wo), Q_t^{wo}, V^s, \delta, \theta) \\ &- e(p_c^s, p_z^*(w), p_v^*(w), Q_t^w, V^s, \delta, \theta) \end{aligned} \right] \quad (41)$$

なお、Choke Price に付随する括弧内の表記は環境水準が w, wo の場合に定義された Choke Price である

ことを示している。

まず、式(39)は環境質利用量の財価格に注目し、プロジェクト有無の環境質変化に対する便益の変分を表現しているため、環境質の利用価値(Direct Use Value)に対する便益であると解釈される。次に、式(40)は環境保全行動量に対する便益を表現した式であり、将来世代に対する環境質の遺贈を目的とした行動動機によって定義された価値であるため、Krutilla (1967)⁸⁾の定義した「将来世代への機会の均等もしくは利用を期待した資源の遺贈」と解釈され、環境質の遺産価値を表現した式であると考えられる。最後に、式(41)は環境質の利用および環境保全行動を禁止した価値であるため、Smith(1990)⁹⁾の定義による「環境質へのアクセスを禁止した場合の価値」として定義される存在価値(Existence Value)に対する便益を意味するものと考えられる。すなわち、本研究における便益定義に従えば、環境質の価値は、式(42)なる関係が成立することとなる。

$$\begin{aligned} Total Value [式(35)] &= Direct Use Value [式(39)] \\ &+ Bequest Value [式(40)] \\ &+ Existence Value [式(41)] \end{aligned} \quad (42)$$

以上のように本研究では、補償的変分および等価的変分の両便益概念を用いた場合における、環境質の経済学的価値を利用価値、遺産価値および存在価値に加法分離できることを示した。

4. 利他的効用水準と環境質の価値

(1) 関数型の特定化と理論的整合性の確認

まず、支出関数を以下のように特定化する。

$$y = \left[\sum_i (\alpha_i p_i - \beta_i p_i^2) - \mu Q_t + \sum_i \gamma_i \theta p_i \right]^{\epsilon} U \quad (43)$$

ここで、 $i = c, z, v$ であり、 $\delta = 1$ を仮定する。次に、各パラメータの条件を以下のように与える。

$$\begin{aligned} \alpha_i > 0, \beta_i > 0, 0 < \varepsilon < 1, 0 < \mu < 1, \\ -1 < \gamma_r < 0, -1 < \gamma_z < 0, 0 < \gamma_v < 1 \end{aligned} \quad (44)$$

さらに、式(43)が正値を示すための条件が式(45)によって与えることができる。

$$\sum_i (\alpha_i p_i - \beta_i p_i^2) - \mu Q_i + \sum_i \gamma_i \theta p_i > 0 \quad (45)$$

また、式(17)におけるウェイト・パラメータに関する微分条件は(46)式として与えられる。

$$\sum_i \gamma_i p_i < 0 \quad (46)$$

シェパードの補題から、環境質利用量および環境保全行動量に対する補償需要関数が以下のように定義される。

$$x_i^h = \varepsilon A^{\varepsilon-1} [\alpha_i - 2\beta_i p_i + \gamma_i \theta] U \quad (47)$$

ここで、 $A = \sum_i (\alpha_i p_i - \beta_i p_i^2) - \mu Q_i + \sum_i \gamma_i \theta p_i$ である。また式(47)から補償需要関数が正値を示す条件は式(48)となる。

$$\alpha_i - 2\beta_i p_i + \gamma_i \theta > 0 \quad (48)$$

また、式(21)において仮定した補償需要関数のウェイト・パラメータに関する微分条件に対して、式(21)を満たす条件が式(49)および式(50)として与えられ、式(51)が確定される。

$$\gamma_c A \leq (1 - \varepsilon) [\alpha_c - 2\beta_c p_c + \gamma_c \theta] \left[\sum_i \gamma_i \theta \right] \quad (49)$$

$$\gamma_z A \leq (1 - \varepsilon) [\alpha_z - \beta_z p_z + \gamma_z \theta] \left[\sum_i \gamma_i \theta \right] \quad (50)$$

$$\gamma_v A \geq (1 - \varepsilon) [\alpha_v - \beta_v p_v + \gamma_v \theta] \left[\sum_i \gamma_i \theta \right] \quad (51)$$

次に、式(36)および式(37)から、支出関数を式(43)に特定化した場合の Choke Price が得られる。

$$p_z^* = \frac{\alpha_z + \gamma_z \theta}{2\beta_z} \quad (52)$$

$$p_v^* = \frac{\alpha_v + \gamma_v \theta}{2\beta_v} \quad (53)$$

ここで、式(44)から、式(52)および式(53)をウェイト・パラメータについて微分することによって、式(38)に示した微分条件を確認することができる。

$$\partial p_z^* / \partial \theta = \frac{\gamma_z}{2\beta_z} < 0 \quad (54)$$

$$\partial p_v^* / \partial \theta = \frac{\gamma_v}{2\beta_v} > 0 \quad (55)$$

次に、支出関数から間接効用関数が式(56)として得ることができる。

$$V = \left[\sum_i (\alpha_i p_i - \beta_i p_i^2) + \mu Q_i + \sum_i \gamma_i \theta p_i \right]^{-\varepsilon} y \quad (56)$$

間接効用関数をウェイト・パラメータについて微分し、また式(46)を勘案することによって、間接効用関数に関する微分条件を確認することができる。

$$\partial U / \partial \theta = -\varepsilon y A^{-\varepsilon-1} \left[\sum_i \gamma_i p_i \right] > 0 \quad (57)$$

最後に、式(56)に示した間接効用関数に対して、ロアの恒等式を用いることにより、式(58)に示す需要関数が導出される。

$$x_i^m = \frac{\varepsilon y}{A} [\alpha_i - 2\beta_i p_i + \gamma_i \theta] \quad (58)$$

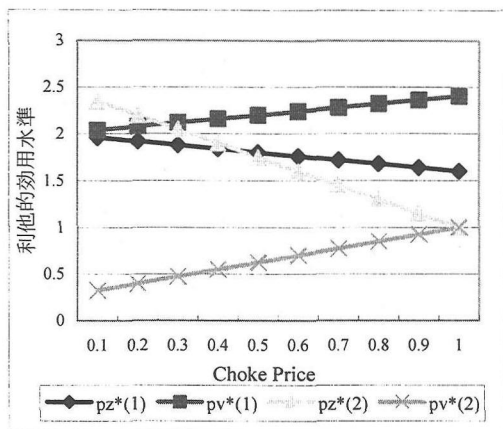
式(46)および式(48)を勘案することによって需要関数のウェイト・パラメータに関する微分条件が式(59)および式(60)として得られ、式(61)が式(13)を満たすための条件として与えられる。

$$\begin{aligned} \partial x_c^m / \partial \theta = \\ \varepsilon y A^{-2} [\gamma_c A + [\alpha_c - 2\beta_c p_c + \gamma_c \theta] \left[\sum_i \gamma_i p_i \right]] \leq 0 \end{aligned} \quad (59)$$

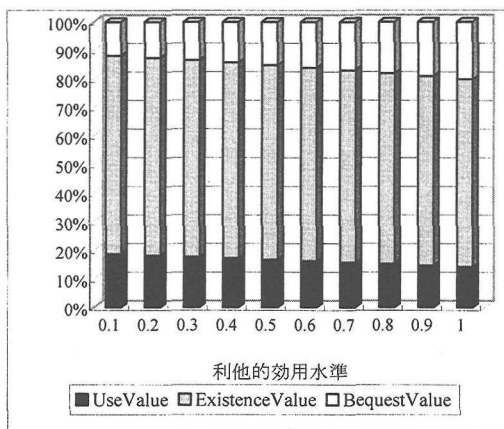
$$\begin{aligned} \partial x_z^m / \partial \theta = \\ \varepsilon y A^{-2} [\gamma_z A + [\alpha_z - \beta_z p_z + \gamma_z \theta] \left[\sum_i \gamma_i p_i \right]] \leq 0 \end{aligned} \quad (60)$$

$$\begin{aligned} \partial x_v^m / \partial \theta = \\ \varepsilon y A^{-2} [\gamma_v A + [\alpha_v - \beta_v p_v + \gamma_v \theta] \left[\sum_i \gamma_i p_i \right]] > 0 \end{aligned} \quad (61)$$

以上、本節では、支出関数として式(43)を仮定した場合に、3. において考察した理論的な条件を全



図－１ 利他的効用水準と Choke Price の変化



図－２ 利他的効用水準と価値のシェア

て満足し得る条件を示した。

(2) 数値解析

a) 数値解析のための設定

本節では、ウェイト・パラメータが環境質の価値に与える影響について考察するために数値解析を行う。ここで本数値解析における各変数を表－２のように設定する。

まず、各設定値について解説する。合成財の価格を基準化のため 1.0 とし、環境質利用と保全に要する価格水準を相対的に低い価格として捕らえ、かつ同値のものと仮定した。また、環境水準については、林山ほか(1999)⁶⁾において行われた実証分析を参考に、0.0～1.0 の区間において与えられた水準として考慮した。環境質の損耗率 δ を 1.0 としたのは、些か奇異に感じるものの、外的な影響を受けなくとも、家計が現在の環境水準に満足せず、保全行動を行うインセンティブを失っていない状況を示しているものと解釈される。また、損耗率が何らかの値をとる場合には、保全行動を行っても将来の環境水準が現在よりも減少する可能性が存在し、そのような場合は、非可逆性を有する環境質に対する遺産価値の定式化と共に、今後の課題としたい。なお、ここでの数値解析においては、プロジェクト有無による価格および所得の変化は想定しないものとする。

表－２ 数値解析における諸設定

α_x	1.0	β_x	1/4(1/5)	μ	-1/10
α_z	1.0	β_z	1/4(1/5)	ϵ	1/2
α_v	1.0	β_v	1/4(2/5)	Q_i^{wo}	1/5
p_c	1	γ_x	-1/5(3/5)	Q_i^w	4/5
p_z	1/3(1/5)	γ_z	-1/5(3/5)	θ	0.1～1
p_v	1/3(1/5)	γ_v	1/5(3/5)	δ	1.0

b) Choke Price の性質に対する検討

まず、式(38)において議論したウェイト・パラメータと Choke Price の変化について数値解析を行った結果を図－１に示す。図－１において、 $pz^*(1)$ および $p_v^*(1)$ は表－２の設定から算出された Choke Price であり、 $pz^*(2)$ および $p_v^*(2)$ は表－２における括弧内の設定値から算出した Choke Price である。式(38)において確認したように、 $pz^*(\cdot)$ はウェイト・パラメータの増加によって減少し、 $p_v^*(\cdot)$ は増加していくことが分かる。これは、将来に対する関心度の上昇が、相対的に現在の利用を控えさせ（より低い価格水準で利用が禁止され）、保全行動を行いやすくしている（保全行動の禁止水準が上昇する、つまり、保全行動は禁止されにくくなる）ことに起因している。また、図－１に見られるように、ウェイト・パラメータの変化によって、Choke Price の格差が縮小する場合と、拡大していく場合が考えられるものの、ウェイト・パラメータの上昇による環境質の価値変化を見ていくために、 $\theta = 0.1$ の場合に

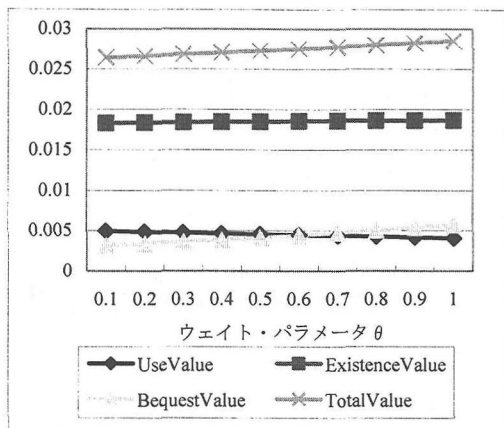


図-3 利他的効用水準の変化による総額の変化

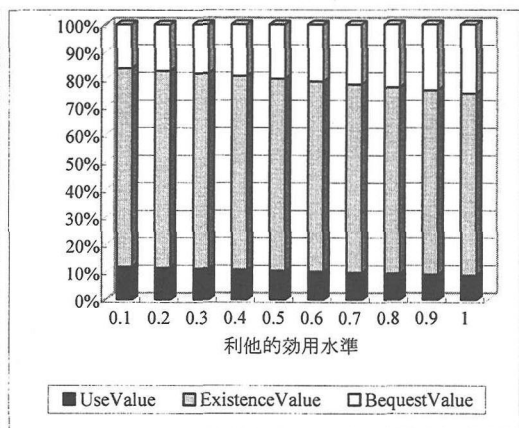


図-4 パラメータ設定と価値のシェア

における Choke Price を同値として捉えることにより議論が容易になるため、以降、本研究では、後者の場合を想定して議論を行うものとする。

c) ウェイト・パラメータと環境質の価値

次に、ウェイト・パラメータと環境質の価値変化に注目する。

図-2は、環境質の価値の変化をシェアで示したものである。これを見るとウェイト・パラメータの増加によって、環境質の利用価値が減少し、遺産価値が増大する傾向が見られる。これは、本研究における効用関数が、合成財消費、環境質利用および環境保全行動量の3変数が代替的であると定式化していることに起因している。なお、本数値解析結果では、利用価値のシェアが低い値となっているものの、これは、表-2に示した諸設定値に依存していることに注意されたい。

さらに、ウェイト・パラメータの変化による環境質の総価値の変化を図-3に示す。図-3では、将来における環境水準に対する関心、すなわち、ウェイト・パラメータが高まるにつれ、利用価値が減少、相対的に存在価値、遺産価値が増大し、場合によっては、遺産価値が利用価値を上回る場合（現在の利用よりも、将来が重要視される）があることが示された。

d) パラメータの感度分析

2. において述べたように、環境質利用量は、利

用価値および存在価値を決定する重要な変数である。

図-4は、環境質利用量に関し、他の条件を一定として、利用価値に関するパラメータ $\alpha_z = 1/2$ 、 $\beta_z = 1/8$ および $\gamma_z = 1/10$ と設定した場合の結果である。これを図-2と比較すると、図-2においては最大 20%程度のシェアを占めていた利用価値が、図-4では最大 10%程度となっている。すなわち、相対的に利用価値が減少し、遺産価値が増大している傾向が見られる。

次に、図-5は、 $\theta = 0.1$ と設定した場合、環境質利用量の相対価格を 0.1~1.0 と変化させた場合の各価値のシェア変化をグラフ化したものである。図-5では、環境質利用価格が上昇するにしたがって、利用価値が減少、存在価値が増大する傾向があることを示している。これは、価格の上昇によって、利用量が減少し、総価値に占める存在価値の割合が増加したことを示している。また、ウェイト・パラメータが一定であるため、遺産価値の割合はほぼ一定である。

最後に、図-6は、 $\theta = 0.1$ および他の条件を一定とし、環境質に関するパラメータ μ を -0.1~1.0 に変化させた場合の総価値の変化である。パラメータが環境質の重要性を表現しているため、パラメータの値が減少する（重要度が增加する）にしたがって、環境質の総価値が増大していくことが分かる。

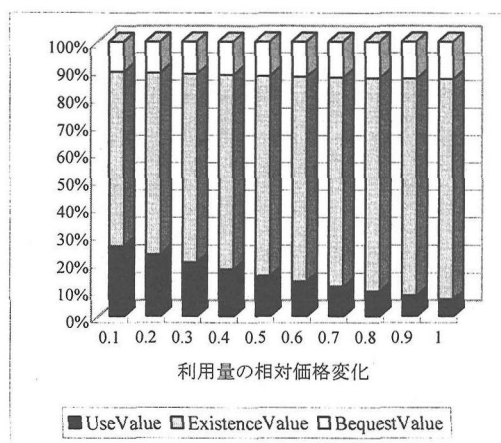


図-5 環境質利用価格の変化による価値のシェア

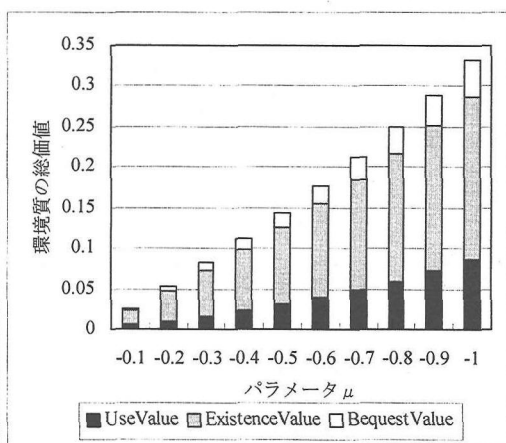


図-6 パラメータ μ の変化と環境質の価値

5. おわりに

本研究では、第一に、環境質の非利用価値の発生原因とされている利他的効用の概念を用いて、非利用価値の存在理由を明確に示した。第二に、環境質の利用価値および非利用価値を区別した上で、厚生経済学的な便益評価指標である CV および EV の概念を用いて環境質の質的变化による便益を定式化した。さらに、利他的効用理論を用いることによって、遺産価値が、環境質の中の独立した価値として加法的に分離可能であることを示した。第三に、本研究では、パラメータを与件として、数値実験を行った。本研究における数値実験では、まず、家計の消費行動における利他的効用水準の果たす役割を明らかにし、支出関数を特定化することによって、ウェイト・パラメータが環境質の利用価値および非利用価値に与える影響を分析した。その結果、ウェイト・パラメータの上昇、すなわち 将来に対する関心が高まるほど、現在の環境質の存在に対する重要度を表している存在価値および将来の環境水準の価値を反映した遺産価値が増大することが示された。同時に、環境質の総価値の増加および利用価値と遺産価値の大小が逆転する可能性についても言及した。

最後に、本研究で得られた知見を踏まえて、顕示選好データによる遺産価値の定量的な分析の可能性について言及したい。まず、環境質の利用価値および

非利用価値の価値分離は可能であるものの、他者の効用に対するウェイト・パラメータを評価するためには、認知科学(Cognitive Science)等を用いた心理学を基礎とした行動原理の定式化が急務であろう。さらに、環境質の保全行動から将来世代への Attention Function を推定するといった手法により、将来世代に対し、個人が保有するウェイト・パラメータ θ を如何に計測し、さらに、如何に実証分析の枠組みに持ち込めるか否かの検討が必要となろう。

最後に、本研究においては、簡略化のために同世代の他者に対する環境質の価値を考慮していないものの、そのような代位価値をも考慮した場合、顕示行動において、同世代の他者と将来の他者に対する利他的効用を明示的に分離可能な行動原理を考察する必要があると思われる。

参考文献

- 1)Tuner,R.K.: The Place of Economic Values in Environmental Valuation, Bateman,I.J. and K.G.Willis eds., *Valuing Environmental Preferences*, Oxford University Press, pp.17-41, 1999.
- 2)Johansson,S.O.: The Importance of Ethics in Environmental Economics with a Focus on Existence Values, *Environmental and Resource Economics*, 11(3), pp.429-442, 1998.
- 3)Neil,J.R.: Another Theorem on Using Market Demands to Determine Willingness to Pay for Non-traded Goods, *Journal of Environmental Economics and Management*, 15, pp.224-232, 1988.
- 4)Larson,D.M.: Further Results on Willingness to Pay for the

- Nonmarket Valuation, *Journal of Environmental Economics and Management*, 23, pp.101-122, 1992.
- 5) Larson, D.M.: On Measuring Existence Value, *Land Economics*, 69(3), pp.377-388, 1993.
- 6) 林山泰久・森杉壽芳・小坂和弘: 顕示選好データによる非利用価値の経済的価値とその精度, 環境システム研究, 全文審査部門論文, Vol. 27, pp.33-44, 1999.
- 7) 林山泰久・森杉壽芳・小坂和弘: 顕示選好データによる環境質の便益計測: 環境質の直接利用価値と間接利用価値, 土木学会論文集, No.713/VII-24, pp.21-36, 2002.
- 8) Krutilla, J.V.: Consideration Reconsidered, *American Economic Review*, 57(4), pp.777-786, 1967.
- 9) Smith, K.V.: Can We Measure the Economic Value of Environmental Amenities?, *Southern Economic Journal*, 56, pp.865-878, 1990.
- 10) Tuner, R.K., D.Pearce and I.J.Bateman.: *Environmental Economics: An Elementary Introduction*, Hemel Hempstead, Harvester Wheatsheaf, 1994.
- 11) Randall, A. and J.R.Stoll: Existence Value in a Total Valuation Framework, Rowe, R. and L.Chestnut (ed.), *Managing Air Quality and Scenic Resources at National Parks and Wilderness Areas*, Westview Press, Boulder, 1983.
- 12) Brookshire, D.S., L.S.Eubanks and A.Randall: Estimating Option Price and Existence Values for Wildlife Resources, *Land Economics*, 59(1), pp.1-15, 1983.
- 13) Walsh, R.G., J.B.Loomis and R.A.Gillman: Valuing Option, Existence, and Bequest Demands for Wilderness, *Land Economics*, 60(1), pp.14-29, 1984.
- 14) Lazo, J.K., G.H.McClelland and W.D.Schulzde: Economic Theory and Psychology of Non Use Values, *Land Economics*, 73(3), pp.358-371, 1997.
- 15) Madariaga, B. and K.E.McConnell: Exploring Existence Value, *Water Resource Research*, 23(5), pp.936-942, 1987.
- 16) Flores, N.: Conservation Reconsidered, The Economics of Natural Environments, and Our Understanding of Environmental Preferences, Working Paper, University of California, San-Diego, 2002.

THE BEQUEST VALUE OF THE ENVIRONMENTAL GOODS BY ALTRUISTIC UTILITY THEORY

Yasuhisa HAYASHIYAMA and Tadahiro OKUYAMA

It is known that the economic value of environmental quality will be divided roughly into "Use Value" and "Non-use Value". The purpose of this paper is to examine the quantitative measurement possibility by formulizing theoretically the factor, especially paying attention to altruism and analysis the effect for non-use value. In order to grasp an altruistic motive from observable data in a market in this paper, after expressing environmental preservation action and formulizing the consumer behavior based on altruistic utility theory.